BIBLIOTECA NAZIONALE VITT. EMANUELE
201
37 F
28

D. 6. M. 11.

E. III. 7.

SAGGIO

SULLA

STORIA GENERALE

DELLE

MATEMATICHE

DI

CARLO BOSSUT.

BIBLIOTECA NAZ.
ROMA
VITTORIO EMANUELE

Digitized by Google

SAGGIO

SULLA

STORIA GENERALE

DELLE

MATEMATICHE

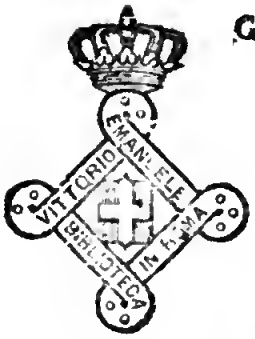
DI

CARLO BOSSUT.

prima edizione italiana con riflessioni ed aggiunte

DI

GREGORIO FONTANA.



TOMO SECONDO

BIBLIOTECA NAZ.
ROMA
VITTORIO EMANUELE

MILANO 1802.

presso { Nobile e Tosi, Librai-Stampatori *sulla corsia del Duomo.*
G.P. Giegler, Libraio *sulla corsia de' Servi.*

SECONDO PERIODO

STATO DELLE MATEMATICHE

DAL LORO RINOVELLAMENTO PRESSO GLI ARABI SINO VERSO LA FINE DEL SECOLO DECIMO QUINTO.

Le matematiche fiorivano sempre nella Grecia e principalmente nella scuola d' Alessandria, allorchè un poco avanti la metà del secolo settimo, si sollevò contro di esse una orribile tempesta, che le minacciava d' una totale rovina in que' climi. Pieni dell' entusiasmo che loro ispirava una religione guerriera, i successori di Maometto rovinarono la vasta estensione di paese, dall' oriente sino alla parte meridionale dell' Europa. Gli artisti e i dotti raccolti da tutte le parti nel museo d'Alessandria, furono vergognosamente discacciati. Alcuni divennero le vittime della violenza de' conquistatori; gli altri andarono a trascinare in paesi lontani gli avanzi d' una vita languente. Si distrussero i luoghi e gli

Anno di C. 638.

strumenti che avevano servito a fare un' immensa quantità d' osservazioni astronomiche. Finalmente quel prezioso deposito delle umane cognizioni, la biblioteca dei re d' Egitto, che aveva già sofferto un incendio sotto Giulio Cesare, fu totalmente data alle fiamme dagli Arabi! il califo Omar ordinò che si abbruciassero tutti que' libri, *perchè*, diceva egli, *se sono conformi all' alcorano, sono inutili; e se sono contrarj, debbono essere abborriti ed annientati*: ragionamento ben degno d' un brigante fanatico!

Sembrava che la sorte delle scienze assalite e distrutte nel centro del loro impero fosse assolutamente disperata. Ma quella stessa vicissitudine che produce tante sciagure e tanti delitti, conduce altresì qualche volta delle rivoluzioni vantaggiose al genere umano. Tale fu il cangiamento che ben presto nacque ne' costumi degli Arabi. Questi popoli, come tutti quelli dell' oriente, avevano altre volte avuto alcune nozioni delle scienze, e principalmente dell' astronomia. Se il fanatismo d'una religione sanguinaria soffocò subito questi preziosi germogli, non ne disseccò però interamente le radici. Allorchè queste diverse nazioni si stancarono di vicendevolmente sterminarsi, la loro ferocia si raddolcì, e gli ozj

della pace richiamarono l' ingegno attivo degli Arabi ad occupazioni meno vane e più interessanti delle dispute su i dogmi dell' alcorano. Erano appena scorsi cento vent' anni dopo la morte di Maometto, che cominciarono essi medesimi a coltivare le arti e le scienze che avevano voluto proscrivere. Ebbero ben presto poeti, oratori, matematici, ec. Si contano in questo numero molti califi presso gli Arabi; ed in seguito molti imperatori presso i Persiani, quando quest' ultimo popolo fu separato dal primo.

Gli Arabi presero, nello studio assiduo degli autori greci, i principj di tutte le parti delle matematiche. Muniti di queste cognizioni, diventarono gli emuli de' loro maestri, e si posero in istato di tradurli, di comentarli, e talvolta d' aggiungervi le loro scoperte. Molte opere greche non ci sono pervenute, in quanto alla sostanza, che per le traduzioni degli Arabi. Questo popolo medesimo ne ammaestrò degli altri, e le scienze si rinnovarono con un successo che la posterità non deve dimenticare. Entriamo in alcune particolarità.

CAPO I.

ARITMETICA ED ALGEBRA DEGLI ARABI

Aritmetica degli Arabi.

L' ingegnoso sistema di numerazione aritmetica, di cui si servono tutti i popoli moderni, è un benefizio degli Arabi. Esso ha sopra tutti gli antichi sistemi il vantaggio della semplicità e della chiarezza. Si sa che con dieci caratteri, ai quali si fanno occupare differenti luoghi, si può esprimere nel modo più comodo un numero immenso per la moltitudine delle sue unità. Alcuni scrittori pretendono che gli Arabi abbiano ricevuta questa idea dagli Indiani. Le ragioni che ne arrecano, non mi sembrano molto convincenti. Senza entrare in questa oziosa quistione, mi contenterò di osservare che noi dobbiamo immediatamente agli Arabi l' aritmetica quale la pratichiamo al presente. Il celebre Gerberto, che fu in seguito papa sotto il nome di Silvestro II, andò a prendere questa scienza in Ispagna dove allora dominavano gli Arabi, e la diffuse nel rimanente dell' Europa, verso l' anno 960.

Algebra degli Arabi.

Le prime nozioni dell'algebra, che si trovano in Diofanto, furono sviluppate dagli Arabi. Cardano riguarda parimente questi popoli come i veri inventori dell'algebra. Il celebre analista Wallis, adottando questa opinione, ne dà per ragione che gli Arabi usavano nella denominazione delle potenze un sistema diverso da quello di Diofanto: donde conchiude che i principj sono altresì differenti. Nell'autore greco, la seconda potenza, la terza, la quarta, la quinta, la sesta, ec., sono chiamate il *quadrato*, *il cubo*, il *quadrato-quadrato*; il *quadrato-cubo*, il *cubo-cubo*, ec., di modò che ogni potenza prende la sua denominazione da due potenze inferiori, delle quali essa è il prodotto: presso gli Arabi, essi sono il *quadrato*, il *cubo*, il *quadrato-quadrato*, il primo *soprasolido*, il *quadrato-cubo*, il secondo *soprasolido*, ec,; donde si rileva che quelle tra le potenze che non sono il prodotto di due potenze della medesima specie, sono chiamate *soprasolide*: Per esempio, in Diofanto, il quadrato cubo, o il quadrato moltiplicato pel cubo, forma la quinta potenza: gli Arabi intendono per la medesima espressione il qua-

drato del cubo, ossia il cubo del quadrato; il che forma tra loro la sesta potenza. I nostri lettori apprezzeranno la forza di questa congettura di Wallis.

Non conosciamo esattamente l'estensione de' progressi che gli Arabi avevano fatti nell' Algebra; ma abbiamo qualche indizio ch'essi erano pervenuti fino alla soluzione dell' equazioni del terzo grado, ed anche di qualche caso particolare del quarto: nel che sono andati più oltre di Diofanto, che non passò il secondo grado. Si assicura per prova, che esiste nella biblioteca di Leiden un manoscritto arabo intitolato: *l' Algebra delle equazioni cubiche, o la Risoluzione de' problemi solidi.*

CAPO II.

Geometria degli Arabi.

Si annoverano molti dotti geometri arabi. La loro prima cura fu di tradurre le opere elementari de' Greci, come gli elementi d'Euclide, il trattato *de sphaera et cylindro* d' Archimede, gli *sferici* di Teodosio, il trattato de' *triangoli sferici* di Menelao, ec. Ben presto si sollevarono alla geometria trascendente, ossia delle antiche curve: la dottrina delle co-

niche d'Apollonio divenne loro familiare, e non abbiamo parimente il quinto, sesto e settimo libro di quest' opera, che per mezzo d' una traduzione araba. Di mano in mano le loro cognizioni si estesero alla statica ed all' idrostatica. L' opera d' Archimede *de humido insidentibus* non è a noi pervenuta che pel loro mezzo.

Trigonometria perfezionata dagli Arabi.

La geometria pratica e l'astronomia debbono agli Arabi l' eterna riconoscenza d' aver dato al calcolo trigonometrico la forma semplice e comoda che ha presentemente. Eglino ridussero la teoria della risoluzione dei triangoli, tanto rettilinei quanto sferici, ad un piccol numero di facili proposizioni; e per la sostituzione che introdussero dei *seni* in vece delle corde degli archi doppi che si adoperavano prima, portarono ne' calcoli alcune abbreviazioni inapprezzabili per quelli che debbono risolvere molti triangoli. Si attribuiscono principalmente queste scoperte ad un geometra astronomo chiamato *Mohammed-Ben-Musa*, autore d' un' opera sussistente, intitolata: *de figuris planis et sphaericis*, e ad un altro geometra astronomo

più conosciuto, *Geber-Ben-Aphla*, che viveva nel secolo undecimo, e di cui abbiamo un commentario sopra Tolomeo.

Abbiamo sopra la geodesia un' opera elegante di *Maometto di Bagdad*, opera che alcuni autori hanno attribuita ad Euclide, senza darne alcuna ragione.

CAPO III.

Astronomia degli Arabi.

L' astronomia è la parte delle matematiche che gli Arabi hanno di più coltivata, e nella quale hanno fatte le scoperte più notabili. Un gran numero de' loro califi furono eccellenti astronomi. Nulla uguaglia la magnificenza degli osservatorj e degli strumenti che fecero costruire pei progressi di questa scienza, che ha più bisogno che tutte le altre della protezione de' sovrani.

Non citerò qui che i principali astronomi arabi; e tra essi distinguerò soprattutto i califi che lo hanno meritato, perchè gli esempj de' principi che alla gloria di ben governare gli uomini aggiungono ancor quella di illuminarli, hanno un particolare diritto al

rispetto, all' ammirazione ed alla riconoscenza della posterità.

Gli Arabi contavano i tempi colle rivoluzioni lunari.

Gli Arabi regolavano i tempi sopra il movimento della luna. I loro mesi erano alternativamente di 29 giorni e di 30; il che dava 354 giorni per la durata dell' anno lunare. Ma siccome il mese sinodico, ossia la durata d' ogni rivoluzioni lunare rapporto al sole, è di 29 giorni 12 ore 44 minuti 3 secondi, così la durata dell' anno lunare arabo era minore della durata vera di dodici rivoluzioni lunari, rapporto al sole, di 8 ore 48 minuti 36 secondi. Quindi per togliere questa differenza, che lasciava la luna indietro al sole, ne' loro movimenti d' Occidente in Oriente, e per far coincidere le posizioni di questi due astri, si aggiungeva di tempo in tempo un giorno al periodo di 354 giorni.

Gli Arabi hanno molto perfezionato la teoria del sole.

Tra i varj rami dell' astronomia, la teoria del sole fissò da principio l' attenzione degli Arabi, e li occupò per lunghissimo tempo. Non tardarono a riconoscere che Tolomeo aveva trovato o supposto l' obbliquità dell' ecclittica un po' troppo grande. Flamstedio riferisce, nella sua *storia celeste*, la serie de' loro lavori sopra questo argomento. Si veggono continuamente accostarsi al vero; e finalmente, a capo di circa settecento anni, pervennero a determinare l' obbliquità dell' ecclittica colla medesima esattezza ad un di presso, che danno le migliori osservazioni moderne: risultato tanto più singolare, quanto che essi non avevano come noi il soccorso de' cannocchiali.

Almansor comincia a regnare nel 754, *e muore nel* 775.

Uno de' principali astronomi arabi è stato il califo Abou-Giafar, soprannominato *Almansor*, o il *vittorioso*: principe filosofo ed applicato, curioso di tutte le scienze, e prin-

cipalmente dell' astronomia, alla quale dava quel tempo di cui i suoi indispensabili doveri gli permettevano di disporre. Il suo regno è l' epoca in cui tutto il sistema delle umane cognizioni ricevette presso gli Arabi un impulso per più secoli ognora crescente.

Raschild comincia a regnare nel 786, *e muore nel* 809.

Quasi tutti i successori d' Almansor ebbero il medesimo gusto per le scienze. Il suo piccol figlio Haroun, soprannominato *Al-Raschildo*, coltivò la meccanica e l'astronomia. In una solenne ambasciata che inviò nel 699 al re Carlo Magno su la sua grande riputazione, gli fece regalo d' una clessidra ossia orologio d' acqua ingegnosissimo. Dodici piccole porte tagliavano il quadrante e formavano la divisione delle ore; ciascuna di queste porte si apriva all' ora che indicava, e dava il passaggio ad alcuni globi che cadevano successivamente sopra una specie di campana di bronzo, e battevano le ore: ogni porta rimaneva aperta, ed alla duodecima ora, dodici piccoli cavalieri uscivano insieme, facevano il giro del quadrante, e chiudevano tutte le porte. Questa macchina reso

attonita l'Europa, ove gli esercizj dell'ingegno non si aggiravano che sopra futilità teologiche o grammaticali.

Almamone comincia a regnare nel 813, *e muore nel* 833.

Haroun ebbe due figli che regnarono successivamente dopo di lui. Il secondo chiamato *Almamone*, ammaestrato nelle scienze da *Musva* medico cristiano, pose tutto in opra, benefizj, esortazioni, esempio, per portare i suoi sudditi ad applicarvisi con ardore. Fece tradurre tutte le opere greche che potè procurarsi, e particolarmente l'Almagesto di Tolomeo. Alcuni autori riferiscono altresì che in un trattato di pace in cui diede delle leggi all'imperatore greco Michele III, esigette che gli fossero dati parecchi manoscritti greci che possedevano gl'imperatori di Costantinopoli. Faceva egli medesimo delle osservazioni; altre ne indicava, che i di lui affari non gli permettevano di continuare: come, per esempio, quelle che si fecero per suo ordine a Bagdal e a Damasco sopra l'obliquità dell'ecclittica che si trovò di ventitre gradi e trentacinque minuti; risultato più prossimo al vero di tutti quelli degli an-

tichi astronomi. Fece misurare nella pianura di Singiar, sopra le sponde del Mar rosso, il valore d'un grado della terra. Sfortunatamente non si conosce che in un modo vago ed incerto il rapporto della nostra tesa colla misura araba che vi fu adoperata, e s' ignora sino a qual segno questo valore si accordi con quello che fu preso in questi ultimi tempi. Finalmente, per facilitare vieppiù lo studio ed i progressi dell' astronomia, Almanon fece comporre dagli uomini più istrutti in questa scienza un' opera intitolata: *Astronomia elaborata a complurbus D. D. jussu Regis Maimon*, che esiste ancora manoscritta in varie biblioteche. La città di Bagdad, situata presso a poco nel medesimo luogo dell'antica Babilonia, fu abbellita ed accresciuta dalle sue cure; essa divenne il soggiorno ordinario de' califi. Vi erano in questa città delle scuole per tutte le scienze, ed una in particolare per l' astronomia. Almanon portò seco nel sepolcro la gloria d' essere stato il principe più umano, il più savio ed il più dotto che avesse occupato il trono de' califi.

Nel secolo d' Almanon fiorirono varj astronomi celebri, tra i quali si distingue Alfragano, Thebit-Ibn-Chora ed Albatenio.

Anno di C. 850 Alfragano compose degli elementi d' astronomia: libro quasi classico altre volte, anche nell' occidente, e di cui sono state fatte varie edizioni dopo l' invenzione della stampa. Scrisse parimente de' trattati sopra gli *orologi solari*, e sopra l' *Astrolabio*, conservati manoscritti in qualche biblioteca. Si racconta che egli aveva un' estrema facilità nel fare i calcoli più complicati; il che lo fece soprannominare il *calcolatore*.

Anno di C. 860 Thebit era analista, geometra ed astronomo. Citasi di lui un' osservazione dell' obliquità dell' ecclittica che trovò di ventitrè gradi trentatrè minuti trenta secondi. Immaginò di riferire il movimento del sole non già ai punti equinoziali che sono mobili, ma alle stelle fisse; e pervenne a determinare la lunghezza dell' anno sidereo presso a poco quale si trova presentemente: risultato felice che non si può già attribuire all'azzardo, poichè Tolomeo, di cui gli Arabi seguivano generalmente la dottrina, aveva un poco confuso gli elementi del problema. Questo riflesso acquisterà nuova forza, se si considera che Thebit non aveva un' idea ben giusta della posizione delle stelle rapporto al cielo fisso: pensava con Ipparco e Tolomeo ch' esse avevano un piccolo movimento d' occidente in

oriente; ma aggiungeva, e la sua opinione fu accreditata, che a capo d'un certo tempo retrocedevano, indi ripigliavano la direzione primiera per retrocedere di nuovo; così di seguito alternativamente; donde risultava una specie di trepidazione, i cui movimenti parziali erano inoltre soggetti ad ineguaglianze: sistema distrutto dalle osservazioni. Thebit ammetteva un simile movimento di trepidazione nell'obliquità dell'ecclittica.

Albatenio è stato uno de' più grandi promotori dell'astronomia. Le sue copiose osservazioni, e le importanti cognizioni che ne ha dedotte, lo hanno fatto sopraunominare il Tolomeo degli Arabi, paragone per avventura onorevole a Tolomeo greco, dalla parte del genio. Fu comandante pei califi nella Siria, e fece le sue osservazioni, parte in Antiochia, capitale del suo governo, parte in Aracte, città considerevole della Mesopotamia. Ecco una succinta idea de' suoi lavori. Anno di C. 879

Albatenio determina presso a poco il moto delle stelle in longitudine.

Un'esatta discussione delle antiche osservazioni, ed il confronto che ne fece colle sue proprie, gli fecero conoscere che Tolomeo

aveva troppo rallentato il movimento delle stelle in longitudine, supponendolo soltanto d'un grado in cento anni; e trovò presso a poco il medesimo risultato d'Ipparco, cioè a dire, che questo moto era d'un grado in settant'anni. Secondo le osservazioni moderne, esso è d'un grado in settantadue anni.

Albatenio determina esattissimamente l'eccentricità dell' ecclittica.

Albatenio si accostò di più al vero nella ricerca dell'eccentricità dell'orbita solare. Pochissimo mancò ch'egli non l'abbia trovata quale la danno le osservazioni moderne. Vi sono parimente degli astronomi di questi ultimi tempi, che riguardano la misura d'Albatenio per esattissima, salvi i piccoli errori inevitabili ne' risultati delle migliori osservazioni.

Fa la durata dell'anno troppo breve di due minuti circa.

Il suo calcolo della durata dell'anno che faceva di 365 giorni 5 ore 45 minuti 24 secondi, si scosta di circa due minuti

meno dalla vera durata. Ma il celebre Halley ha fatto vedere che l'errore d'Albatenio proviene dalla sua troppo grande confidenza nelle osservazioni di Tolomeo, e che se egli avesse immediatamente paragonato le sue proprie osservazioni con quelle d'Ipparco, si sarebbe molto più accostato al vero.

Albatenio scuopre il movimento dell' apogeo del sole.

Prima dell'astronomo arabo, si riguardava l'apogeo del sole come immobile: Albatenio fece vedere che questo punto ha un picciolo movimemo secondo l'ordine de' segni, il quale oltrepassa un poco quello delle stelle: ricerca delicata, di cui i moderni osservatori e la teoria della gravitazione universale hanno dimostrato la necessità ed importanza.

Rettifica le teorie di Tolomeo sopra i moti dei pianeti; costruisce nuove tavole, ec.

Finalmente avendo riconosciuto l'insufficienza ed i difetti delle teorie di Tolomeo sopra i moti de' pianeti, Albatenio pose tutte le sue cure nel correggerle e perfezionarle. La scoperta che aveva fatta del movimento dell' apogeo del sole, gli fece sospettare simili ineguaglianze nel movimento degli altri pia-

neti, e le teorie moderne hanno ancora convertito questo sospetto in certezza. Col soccorso di queste cognizioni, Albatenio sostituì nuove tavole a quelle di Tolomeo, e con ciò rese un servigio essenziale agli astronomi, quello cioè di facilitare o abbreviare i loro calcoli per un tempo. Dico *per un tempo*, giacchè si sa che anche presentemente le migliori tavole hnno bisogno d' essere corrette e rettificate a misura che le osservazioni si moltiplicano e si perfezionano. Le opere di Albatenio sono state raccolte in un volume in *quarto* sotto questo titolo: *De scientia stellarum*, di cui vi sono state due edizioni, una nel 1537, l' altra nel 1646.

Si citano molti dotti arabi, che per più secoli continuarono ad osservare il cielo, ed a perfezionare tutt' i rami dell' astronomia. Non solo questi popoli coltivavano le matematiche; ma ne erano ancora gli apostoli: eglino le portavano e le diffondevano presso tutte le nazioni sottomesse alla loro potenza. Montucla dà nella sua storia un' ampia lista di matematici, arabi di nazione, o discepoli degli arabi, ed alcune notizie delle loro opere. La maggior parte di queste particolarità, essendo annesse a nomi barbari, che non potrei riferire senza stancare i miei lettori, mi

ristringo sempre ai principali tratti che possono servire a far conoscere le obbligazioni che hanno le scienze agli Arabi.

Scienze in Egitto.

Nell' Egitto l' astronomo *Ibn-Ionis* fece, sotto la protezione del califo *Aziz-Ben-Akim*, varie osservazioni che ci sono pervenute con quelle di parecchi altri astronomi, in una specie di storia celeste che scrisse, ed esiste manoscritta nella biblioteca di Leiden. Vi sono in quest' opera ventotto osservazioni d' ecclissi del sole o della luna, fatte dagli astronomi arabi, dall'anno 829 sino all' anno 1004; sette osservazioni d' equinozio dall' anno 830 sino all' anno 851; un' osservazione del solstizio estivo nell' anno 832. Tre ecclissi osservati vicino al Cairo negli anni 977, 978 e 979, hanno somministrato un risultato notabile, la prova che il movimento medio della luna è soggetto ad una piccola accelerazione, che venendo ad accumularsi nella serie de' secoli, deve entrare negli elementi del calcolo astronomico. Tutte queste ricchezze avendo fatto desiderare all' istituto nazionale di Francia d' avere la comunicazione del manoscritto di Leiden, la repubblica ba-

tava glielo fece rimettere e confidare dal suo ambasciatore. È stato esaminato con attenzione; non si sono trovate altre osservazioni che quelle di cui ho parlato: esso non dà alcuna notizia, come si sperava, sopra gli strumenti degli Arabi, e sopra la loro maniera di osservare; ma ha somministrato qualche interessante correzione pei frammenti di cui Delisle aveva ottenuta una copia, che presentemente è nelle mani del cittadino Messire, membro dell' istituto nazionale: frammento, di cui il cittadino Caussin, professore di lingua araba nel collegio nazionale di Francia ha fatto una traduzione che si stampa col testo a canto. Ibn-Ionis aveva ancora composto alcune tavole astronomiche celebri e lungo tempo utili nell' Oriente.

Scienze in Ispagna.

Gli Arabi stabiliti in Ispagna, di cui avevano conquistata la più gran parte nell' ottavo secolo, vi coltivarono le scienze col medesimo ardore e successo come nell' Oriente. L'astronomia era principalmente l'oggetto dei loro travagli. Fabbricarono degli osservatorj in molte città della Spagna. Arsachel, uno dei più distinti tra essi, perfezionò la teoria del

Anno di C 1020

sole. Con un metodo più semplice e più suscettibile di esattezza di quelli di cui Ipparco e Tolomeo si erano serviti, fece alcuni felici cangiamenti nelle dimensioni che avevano date all' orbita solare. Si crede parimente che egli scoprisse nel moto del sole certe ineguaglianze, di cui le osservazioni moderne e la teoria newtoniana hanno dappoi confermata l' esistenza; il che lo ha fatto riguardare per un astronomo esattissimo ed attentissimo. Compose una raccolta di tavole intitolata: *Tabulae toletanae*, dal nome della città di Toledo, ove faceva la sua residenza.

Alhazen, altro arabo celebre fissato in Ispagna, ci ha lasciato un trattato d'*Ottica*, che contiene il primo saggio di teoria che sia stato dato della rifrazione e del crepuscolo. Egli li fa dipendere, non dai vapori accumulati in vicinanza dell' orizzonte, ma dalla differente trasparenza che trovasi nell' aria che circonda la terra, o in una materia eterea, posta al di là: insegna ancora in qual modo si può assicurarsi, coll' osservazione, della differenza che produce la rifrazione tra il luogo apparente d' un astro ed il luogo vero. Non è già nella rifrazione che bisogna cercare, secondo lui, la cagione della grandezza straordinaria del sole e della luna all' orizzon-

Anno di C. 1100

te, ma piuttosto un effetto contrario. Malebranche ha in seguito adoperata e sviluppata la dottrina medesima; e siccome non cita Alhazen, così si dee presumere che non conoscesse la di lui opera. Alcuni autori pretendono che Alhazen altro non abbia fatto che tradurre o commentare un' opera che Tolomeo aveva composta sopra la medesima materia: opera citata da altri scrittori arabi, ed ora perduta. Quest' opinione può essere contraddetta, poichè gli antichi astronomi e Tolomeo medesimo non avevano riguardo all' effetto delle rifrazioni nelle osservazioni astronomiche: almeno Alhazen ha la gloria d'avere chiaramente indicato quest' effetto, e d' aver fatto comprendere la necessità di tenerne conto.

Si annoverano ancora in Ispagna, presso a poco verso il medesimo tempo, parecchi altri matematici arabi, come *Geber*, riguardato mal a proposito, dietro il suo nome, come inventore dell' Algebra, ma autore d'una traduzione dell' Almagesto, e di due teoremi di trigonometria sferica, comodissimi per la risoluzione dei triangoli rettangoli; *Almansor* o *Almeon*, che fece una buonissima osservazione dell' obbliquità dell' ecclittica; Averroe, celebre medico di Cordova,

abbreviatore e commentatore di Tolomeo, dottissimo, pel suo tempo, nella fisica e nelle matematiche, ec.

Alcuni di questi dotti arabi antichi si trapiantarono per genio ne' paesi del nord dell' Europa; le cognizioni che vi portarono, si confusero con quelle de' loro discepoli, e presentemente egli è impossibile di fare la divisione delle une e delle altre.

CAPO IV.

Scienze presso i Persiani.

I Persiani, che sino verso la metà dell' undecimo secolo non avevano fatto che un popolo medesimo cogli Arabi, avendo allora scosso il giogo de' califi, non abbandonarono lo studio delle scienze anche nel mezzo delle turbolenze della guerra. Eglino hanno avuto degli algebristi, de' geometri, e soprattutto degli astronomi distintissimi. Anno di C. 1050

Geometri persiani.

Un geometra *Loggia Nassir*, ossia il dottore *Nessir*, aveva composto parecchie opere stimatissime al suo tempo; ci rimane di lui

un commentario sopra Euclide, stampato nel 1590, nella sua lingua naturale, cioè a dire in arabo. *Nassir-Eddin*, altro geometra più conosciuto, ha dato varie dimostrazioni ingegnosissime della quarantasettesima proposizione del primo libro d'Euclide, riferite da Clavio. Esse procedono per una semplice trasposizione di parti, colle quali Nassir-Eddin compone ora il quadrato dell'ipotenusa, ora i quadrati degli altri due lati del triangolo rettangolo. Egli fece un' esatta versione delle *coniche* di Apollonio, alla quale aggiunse un commentario, di cui Halley si è utilmente servito per tradurre il quinto, sesto e settimo libro di quest' opera importante.

Si trova, nel medesimo tempo, un altro geometra persiano molto celebre, per nome *Maimon Reschild*. Egli aveva commentato Euclide: il suo entusiasmo per la geometria era tale, che ne portava sempre alcune figure favorite sopra le maniche de' suoi abiti.

Tutti questi antichi geometri persiani avevano diligentemente raccolto gli scritti dei Greci, e si erano a fondo istrutti nella loro dottrina. Si pretende che anche al presente si conservino nella Persia molte opere greche che noi non abbiamo.

CAPO V.

Dell' astronomia persiana in particolare.

Gli antichi Persiani, sino dal tempo di *Dario Occo*, avevano fatto un gran numero d' osservazioni. Si erano particolarmente applicati a determinare la lunghezza dell' anno solare, alla quale riferivano tutte le misure del tempo. Avendo eglino fissato la sua durata a 365 giorni 6 ore, facevano sparire le sei ore, frazione del giorno, per l' intercalazione d' un mese di trenta giorni, ogni cento vent' anni; il che riducesi alla intercalazione d' un giorno ogni quattr' anni nell' anno giuliano. Inoltre collocavano il tredicesimo mese intercalare successivamente il primo, poi il secondo dell' anno, così di seguito, di modo che faceva un' intera rivoluzione, e dava luogo a diverse cerimonie religiose. Allorchè i Persiani ricevettero la legge dagli Arabi, l' uso in cui erano i vincitori di contare per mezzo delle rivoluzioni lunari, divenne altresì quello de' vinti. Ma questi ultimi, fatti liberi, ripigliarono il loro antico metodo, verso l' anno 1079. Allora l' astronomo persiano *Omar-Cheyam*, per rettificare l' antico calendario

Anno di C. 1079

della sua nazione, fondato sopra un' ipotesi d' un anno troppo lungo di circa undici minuti, immaginò d' aggiungere sette volte di seguito un giorno ad ogni quart' anno, e poi un giorno al quinto anno: il che è la stessa cosa come se si fosse intercalato un giorno ad ogni trentesimo terzo anno. Questo sistema, che molto si accosta al vero, fu adottato e conservato da' Persiani.

Molti imperatori di quella nazione protessero fortemente l' astronomia. Era questa una specie di religione dello stato. Un autore greco, per nome *Chioniade*, che viveva nel decimoterzo secolo, riferisce che i Persiani erano talmente gelosi delle loro cognizioni in questa parte, che era vietato da una legge di comunicarle agli stranieri, eccettuati certi rarissimi casi sottoposti alla decisione degli imperatori. Questa proibizione era fondata sopra una profezia, la quale portava che i cristiani rovescerebbero un giorno l' impero persiano con mezzi presi dalla scienza dell' astronomia. Chioniade ebbe egli medesimo molta difficoltà ad essere ammesso alle lezioni degli astronomi persiani, sebbene fosse stato molto raccomandato dall' imperatore di Costantinopoli, unito allora per amicizia ed interesse con quello di Persia. Da

questo commercio egli riportò nella Grecia alcune tavole astronomiche esattissime, secondo Bouillaud, avuto riguardo al tempo in cui erano state calcolate.

Holagu comincia a regnare nel 1254, *e muore nel* 1269.

Un discendente di Gengis-Kan, nominato da alcuni *Holagu-Ilecou-Kan*, da altri *Houlagou-Kan*, che conquistò la Persia, verso l' anno 1264, onorò le scienze ch' essa coltivava, e non parve più d' altro occupato nel rimanente della sua vita, che nel farle fiorire nei vasti paesi del suo dominio. Egli fece costruire nella città di Maragha, vicino a Tauride, capitale della Media, un osservatorio dove raccolse molti astronomi, sotto la presidenza di *Nassir-Eddin*, di cui abbiamo già parlato. Questa società era una specie d' accademia tanto più florida, quanto che riceveva ogni specie d' incoraggiamenti da un principe magnifico e dottissimo. Nassir-Eddin compose molte opere astronomiche, fra le quali una teoria de' moti celesti, un trattato dell' astrolabio, e alcune tavole astronomiche che intitolò *Tavole ilecaliche*, per lasciare un monumento della sua riconoscenza verso il suo be-

nefattore. Si racconta che *Holagu* sentendo già vicino il suo fine, si fè trasportare in mezzo ai dotti, e volle rendere gli ultimi suoi sospiri tra le loro braccia, riguardandoli come suoi figli e i veri araldi della sua gloria.

Ulugh-Beig comincia a regnare nel 1420, *e muore nel* 1449.

Il suo esempio fu superato da un principe tartaro, il famoso *Ulugh-Beig*, nipote di Tamerlano. Non solo Ulugh-Beig incoraggiò le scienze come sovrano, ma è contato altresì egli medesimo fra gli uomini più dotti del suo secolo. Stabilì nella città di Samarcanda, capitale del suo impero, una numerosa assemblea o accademia d' astronomi, e fè costruire pel loro uso gli strumenti più grandi e più perfetti che mai si fossero veduti. Egli s' informava di tutti i loro lavori; osservava egli medesimo il cielo con assiduità. Alcuni storici riferiscono che per determinare la latitudine di Samarcanda, adoperò un quadrante, il cui raggio eguagliava l' altezza del tempio di santa Sofia a Costantinopoli, la quale è di circa 180 piedi; ma la costruzione d' un quadrante sì grande è

fisicamente impossibile: secondo tutte le apparenze gli storici di cui trattasi, poco istrutti nell' astronomia, hanno preso un semplice gnomone per un quadrante. La latitudine di Samarcanda fu trovata di 29 gradi 37 minuti. Per mezzo dell' istrumento medesimo, si fissò l'obliquità dell' ecclittica a 23 gradi 30 minuti 20 secondi: risultato che, superando di circa due minuti quello delle osservazioni moderne, ha fatto credere che l' obliquità dell' ecclittica va diminuendo; egli è questo un punto su cui non siamo bastantemente istrutti. Ulugh-Beig aveva composto molte opere, in parte stampate, ed in parte manoscritte in alcune biblioteche. Le principali sono un catalogo di stelle e di tavole astronomiche, le più perfette che allora si conoscessero nell' Oriente. Questo principe meritava, per le sue virtù e pe' suoi talenti, gli omaggi di tutta la terra; fu assassinato dal proprio figlio nell' età di cinquant' otto anni.

Le turbolenze, che seguirono quest' orribile avvenimento, involsero la Persia nella barbarie. Ben presto i dotti scomparvero. L' astronomia andò sempre declinando in quei paesi, talchè essa altro non è presentemente che un ammasso di visioni astrologiche, ed appena sanno i Persiani calcolare grossolana-

mente un ecclisse, dietro alcune pratiche di abitudine, fondate sopra teorie che non intendono.

CAPO VI.

Scienze presso i Turchi.

Alcuni raggi fuggiti dalla scienza degli Arabi, penetrarono presso i Turchi. Fino dalla fondazione del loro impero verso l'anno 1220 di Gesù Cristo, vi si formarono alcune così dette *medresse* o collegj, ne' quali s' insegnavano e s' insegnano tuttora la geometria e l' astronomia. Un primo impulso portò da principio assai oltre le cognizioni de' Turchi in tutte le parti delle matematiche. A poco a poco esse s' indebolirono, come quelle dei loro padroni. Nondimeno anche al presente i Turchi non sono totalmente così ignoranti come ordinariamente si crede. Il sig. Toderini, autore italiano, che ha scritto un' opera intitolata *Della letteratura turchesca*, assicura ch' essi sono versatissimi nell' aritmetica; che fanno i calcoli numerici con una straordinaria prontezza; che alcuni tra essi hanno spinto l' algebra così oltre come noi; che la geometria è insegnata con successo nelle loro

medresse, e che per fine coltivano l'astronomia per due possenti ragioni, una delle quali è la necessità di regolare il tempo; l'altra è il genio che hanno per l'astrologia giudiziaria, che non può far a meno del soccorso dell' astronomia medesima. Non ne dirò di vantaggio e non ritornerò più sopra un popolo che in sostanza non ha mai fatto veruna scoperta nelle scienze.

CAPO VII.

Scienze presso i Chinesi e gli Indiani.

Se si dovesse discutere l'alta opinione che fino ai nostri giorni si è avuta del sapere de' Chinesi in tutti i generi, essa non troverebbe un ben saldo appoggio nel periodo che ci occupa. L'aritmetica e la geometria di questa nazione rimangono sempre imperfettissime: nessuna nuova teoria, nessuna applicazione interessante de' principj della meccanica. Per verità, i Chinesi hanno molto osservato gli astri; ma tutte le loro osservazioni non s'aggirano che sopra gli oggetti più comuni dell' astronomia, come gli ecclissi, le posizioni de' pianeti, le altezze solstiziali del sole, le occultazioni delle stelle per mezzo

della luna : non se ne vede uscire alcun importante risultato pel progresso di questa scienza . Noterò soltanto che l' imperatore Kobilai, il quinto successore di Genghis-Kan alla China, e quegli che vi fondò la dinastia degli *Iven*, nel 1271 , fu un gran protettore dell' astronomia. Egli era fratello di Holagu, di cui abbiamo parlato, ed aveva presso a poco le medesime inclinazioni. Stabilì per capo del tribunale delle matematiche *Co-Cheon-King*, osservatore laborioso, che portò nell' astronomia chinese una precisione, alla quale non si era per anche arrivato. Ma questo splendore non fu che passaggero; l'astronomia chinese ricadde nel suo primo languore, e non risorse alcun poco che circa un secolo dopo, sotto gli imperatori d'una nuova dinastia, che affidarono la direzione del tribunale delle matematiche ad astronomi maomettani.

Saremo ancor più brevi su la storia delle scienze presso gli Indiani nel medesimo tempo. Le loro cognizioni non avevano mai oltrepassato il circolo delle matematiche elementari; la loro astronomia ebbe presso a poco la medesima sorte di quella de' Persiani dopo la morte di Ulugh-Beigh.

CAPO VIII.

Scienze presso i Greci moderni.

I dotti che nella distruzione della scuola d'Alessandria si erano dispersi in tutte le parti della Grecia, contribuirono da principio a mantenervi il gusto delle matematiche; ma nello stato d'abbandono a cui erano ridotte, non potevano a meno di declinare continuamente. Passarono di fatti più secoli prima che alcun greco moderno mostrasse la minima scintilla del genio che aveva animato Euclide, Archimede, Apollonio, ec. Zonara e Tzetze, che abbiamo citati nell' occasione degli specchi ustorj d'Archimede, altro non sono che compilatori, e sovente ancora poco istrutti nelle materie che trattano. Finalmente, al principio del secolo decimoquinto, *Emanuele Moscopolo*, monaco greco, fece l'ingegnosissima scoperta de' quadrati magici. Egli è vero che essa non è di alcuna utilità pratica; ma è del genere di quelle speculazioni teoriche e sottili, che esercitano e nel tempo stesso divertono l'ingegno; e non mi posso dispensare dal qui farne parola: darò parimente senza interruzione un' idea generale

Anno di C. 1420

de' lavori de' geometri moderni sopra questa materia, affine di non ritornare più volte sopra un oggetto di pura curiosità.

Descrivasi in un piano verticale un quadrato geometrico, i cui lati sieno rappresentati da un numero proposto, come, per esempio, dal numero 5; si divida ciascun lato, orizzontale o verticale, in cinque parti eguali, e si congiungano i punti di divisione con linee verticali ed orizzontali: il quadrato verticale sarà diviso in 25 cellette uguali; e se, a contare da una celletta angolare, vi si scriva, percorrendo successivamente tutte le file orizzontali, o tutte le file verticali, la serie de' numeri 1, 2, 3, 4, 5, 6, ec; l'ultima celletta conterrà il numero 25, ch'è il quadrato di 5. Questa disposizione di cifre, secondo l'ordine naturale, forma in conseguenza un quadrato *naturale*; i numeri di ciascuna fila compongono una progressione aritmetica, e le somme di tutte qneste progressioni sono differenti. Ma se si inverta l'ordine de' numeri, e si dispongano per modo che tutte le file, ed anche le due file diagonali, diano la medesima somma, questa disposizione fa prendere al qnadrato il nome di quadrato *magico*. Questa denominazione ha potuto provenire dalla singolare proprietà

di questi quadrati, in un tempo in cui le matematiche erano riguardate come una specie di *magia*; ma essa proviene fors'anche da quelle superstiziose applicazioni che si facevano di questi quadrati alla costruzione de' talismani, ne' tempi d' ignoranza. Per esempio, Cornelio Agrippa (1), che viveva nel secolo decimoquinto, ha dato nel suo libro della *Filosofia occulta* i quadrati magici de' numeri dal 3 sino al 9: ora, questi quadrati sono pianetarj, secondo Agrippa ed i settatori della medesima dottrina; il quadrato di 3 appartiene a Saturno; quello di 4 a Giove; quello di 5 a Marte; quello di 6 al Sole; quello di 7 a Venere; quello di 8 a Mercurio; e finalmente quello di 9 alla Luna.

Meziriac, nato nel 1577, *morto nel* 1638.

I metodi di Moscopolo, per la formazione de' quadrati magici, non si estendono che a certi casi particolari: essi avevano bisogno di essere generalizzati. Bachet de Meziriac, dottissimo analista, all' incominciare del 17.mo secolo trovò un metodo per tutti i quadrati,

(1) *Storia dell'Acc.* 1705, *pag.* 71.

la cui radice è dispari; come sono i quadrati 25, 49, 81, ec. che hanno per radici i numeri 5, 7, 9, ec. In questa specie di casi vi è una celletta centrale, che facilita la soluzione del problema. Bachet non potè risolverlo completamente pei numeri che hanno la radice pari.

Frenicle di Bessi (1), uno de' più antichi membri dell' accademia delle scienze, aritmetico profondo, aumentò considerabilmente i numeri de' casi e delle combinazioni che danno de' quadrati magici, tanto pei numeri dispari, quanto pei numeri pari. Per esempio, un dotto algebrista aveva creduto che i sedici numeri ch' empiono le cellette del quadrato naturale di 4, non potessero dare che sedici quadrati magici: Frenicle fe' vedere che ne potevano dare 880. A questa ricerca egli aggiunse una nuova difficoltà: avendo formato, per esempio, uno de' quadrati magici del numero 7, se dalle 49 cellette, che lo compongono, si sottraggono le due file orizzontali estreme e le due file verticali estreme, cioè a dire, l'esterno circuito del quadrato proposto, rimarrà un quadrato che

(1) *Ant. Mem. dell'Acc. tom.* v.

in generale non sarà magico, ma che potrà esserlo, scegliendo convenevolmente il quadrato magico primitivo. Frenicle insegna il modo di fare questa scelta. Col suo metodo, levando un circuito d'un quadrato magico, ed anche qualsivoglia circuito, quando ve n'è abbastanza per tal effetto, o finalmente più circuiti ad un tempo, il quadrato rimanente è ancora magico. Egli inverte altresì questa condizione: fa in modo che un certo circuito, preso ad arbitrio, o più circuiti sieno inseparabili dal quadrato, cioè a dire, che esso cessi di essere magico, se vengono tolti, e viceversa, se ne vengono tolti degli altri.

Poignard, canonico di Brusselles, pubblicò, nel 1703, un libro sui quadrati magici, nel quale fa due innovazioni che abbelliscono ed estendono questo problema. 1.° In vece di prendere tutti i numeri ch' empiono un quadrato, per esempio, i 36 numeri consecutivi che empirebbero tutte le cellette del quadrato naturale, il cui lato fosse 6, egli prende solamente tanti numeri consecutivi quante sono le unità nel lato del quadrato, cioè a dire nel caso presente 6 numeri; e questi 6 numeri li dispone per modo, nelle 36 cellette, che nessuno sia ripetuto due vol-

te nella medesima fila, sia orizzontale, sia verticale, sia diagonale; donde ne segue necessariamente che tutte le file, prese in qualsivoglia direzione, fanno sempre la somma medesima. 2.° Invece di non prendere questi numeri che secondo la serie de' numeri naturali, cioè a dire, in progressione aritmetica, egli li prende altresì in progressione geometrica, ed in progressione armonica; ma con queste due ultime progressioni, l'artifizio magico cangia necessariamente: ne' quadrati riempiti da' numeri in progressione geometrica, fa d' nopo che i prodotti di tutte le file sieno eguali; e nella progressione armonica, i numeri di tutte le file seguitano sempre questa progressione. Poignard fece parimente de' quadrati di queste tre progressioni ripetute.

La Hire, geometra dell' accademia delle scienze (1), ripieno di tutte queste ricerche, nelle quali non si erano impiegati sovente che semplici tentativi, ne sviluppa e ne dimostra i principj in due memorie assai curiose. Vi aggiunge molti nuovi problemi che sollevano vieppiù la quistione ad una gene-

(1) *Mem. dell'Acc.* 1705.

ralità interessante per quelli che amano le combinazioni de' numeri.

Le dimostrazioni di questi dotti essendo sembrate troppo complicate, troppo poco connesse tra loro a Sauveur (1), altro geometra dell' accademia delle scienze, incominciò a sottoporre questa teoria al calcolo analitico, ed a' metodi uniformi, donde potesse trarre in seguito come corollarj dei mezzi semplici e facili per costruire de' quadrati magici in tutti i casi. Pajot Osembrai (2) considerò la quistione sotto il medesimo punto di vista: a lui è dovuto un nuovo metodo analitico pei quadrati magici puramente pari, giacchè gli altri erano stati sufficientemente esaminati. Finalmente Rallier des Ourmes (3) ha vieppiù perfezionato ed esteso tutti questi metodi in un' eccellente memoria presentata all'Accademia delle scienze. Si ha tutto il motivo per credere che la materia sia esaurita.

Questa scoperta de' quadrati magici fatta da Moscopolo fu, per così dire, l'ultimo sospiro de' matematici greci. La presa di Costantinopoli fatta da Maometto II le fece da que' climi sparire.

---

(1) *Mem. dell'Acc.* 1710.
(2) *Mem. dell'Acc.* 1750.
(3) *Dotti stran. tom.* IV.

CAPO IX.

Scienze presso i cristiani occidentali, sino alla fine del secolo decimoquinto.

Dotti in Ispagna. Alfonso comincia a regnare nel 1252, *e muore nel* 1284.

I Cristiani in generale hanno mostrato, per lunghissimo tempo, una grande alienazione per le scienze. Assoggettati, sino dall' origine del cristianesimo, ad una moltitudine d' opinioni religiose, che facevano dell' uomo una specie di automa contemplativo, riguardavano con disprezzo o indifferenza tutte le occupazioni estranee agli oggetti del culto religioso, o ai lavori assolutamente necessarj per la loro sussistenza. Avendo nondimeno cominciato a discacciare gli Arabi dalla Spagna, al principio del decimo secolo, le comunicazioni volontarie o forzate ch' ebbero con questi popoli, eccitarono il fuoco elettrico del genio tra i Cristiani; e molti tra essi cercarono d' istruirsi presso que' medesimi Mori, di cui abborrivano la religione. Abbiamo già detto che il papa Silvestro II

aveva acquistato la cognizione dell' aritmetica nel commercio cogli Arabi di Spagna. Alfonso X, re di Castiglia, fondò nella sua capitale una specie di collegio o liceo per l'avanzamento dell' astronomia, e ne affidò la principale direzione ad alcuni Arabi. Egli medesimo osservava e calcolava seco loro. Questo comune lavoro produsse le famose *tavole alfonsine*, più esatte e più complete di tutte le precedenti. Lo studio dell'astronomia si mantenne per lungo tempo nella Castiglia dopo la morte d' Alfonso. Ma gli interessi dell' ambizione, a cui nulla resiste, mantenevano sempre i semi d' odio e di divisione tra i Cristiani e gli Arabi. I primi non perdendo mai di vista il progetto di riprendere la Spagna, guadagnavano terreno di giorno in giorno; a misura che le loro vittorie si moltiplicavano, le scienze andavano declinando; finalmente ricevettero, per così dire, il colpo mortale, quando i Mori furono del tutto scacciati dalla Spagna, colla perdita di Granata: avvenimento deplorabile negli annali dello spirito umano, vantaggioso alla sola religione cristiana, di cui estese l'impero su le rovine del maomettismo. Anno di C. 1492

Troviamo negli altri paesi cristiani dell' Europa molti uomini ragguardevoli, o per

l'estensione delle loro cognizioni, avuto riguardo al tempo in cui sono vissuti, o per le prove di genio che hanno date, e da cui la società avrebbe potuto ritrarre i maggiori vantaggi, se la potenza ecclesiastica sempre intolerante, sempre armata del fulmine, non avesse troppo spesso fermata e compressa la loro carriera.

Dotti nelle altre parti dell' Europa.

Gli Italiani si presentano i primi; e l'algebra fissò da principio la loro attenzione per una particolare circostanza. Un ricco negoziante di Pisa, per nome *Leonardo*, faceva frequenti viaggi nell' Oriente per gli affari del suo commercio: le relazioni, che ebbe cogli Arabi, gli diedero occasione di penetrare sino all' algebra, che riguardavasi allora come la parte sublime dell' aritmetica; egli diffuse le sue cognizioni tra i suoi concittadini verso il principio del secolo decimoterzo. Si era creduto fino a questi ultimi tempi, dietro Vossio ed alcuni autori italiani moderni, che Leonardo di Pisa fiorisse soltanto verso la fine del secolo decimoquarto; ma il Cossali professore d'astronomia ed idraulica in Parma(1),

(1) *Orig. e progr. in It. dell'alg. ec.* 1797.

ha scoperto e citato di questo algebrista un manoscritto dell' anno 1202, aumentato e riprodotto nell' anno 1228. Leonardo di Pisa era dottissimo nell' algebra, e soprattutto nell' analisi del genere de' problemi di Diofanto. L' estratto che il p. Cossali dà del suo manoscritto, fa vedere che l' autore aveva portato l'algebra sino alla risoluzione delle equazioni cubiche, e delle equazioni superiori, che possono abbassarsi al secondo, o al terzo grado.

Quest' impulso dato all' algebra si propagò in Europa, e si estese a tutte le parti delle matematiche. Il secolo decimoterzo produsse moltissimi dotti in tutti i generi, in Italia, in Francia, in Germania, ed in Inghilterra. Citerò i principali di quelli che hanno reso de' servigi alle matematiche.

Giordano Nemorario si distinse pel suo tempo nell' aritmetica e nella geometria, come se ne può giudicare dal suo trattato del *planisfero*, e da' suoi dieci libri d' *aritmetica*. Anno di C. 1230

Egli ebbe un contemporaneo più conosciuto, Giovanni di Halifax, chiamato volgarmente *Sacrobosco*, il che significa la medesima cosa, secondo il latino barbaro di quel tempo. Sacrobosco, nato in Inghilterra, venne a professare le matematiche a Parigi.

Abbiamo di lui un trattato sopra la sfera, che è stato commentato da Clavio gesuita, e stampato molte volte; egli ha lasciato ancora de' trattati sopra l'astrolabio, sul calendario, e sopra l'aritmetica araba. Morì a Parigi nel 1256; vi si vedeva ancora il suo sepolcro nel chiostro de' Maturini, prima della rivoluzione francese.

Anno di C 1250 *Campano* di Novara tradusse e commentò gli elementi d'Euclide; scrisse un trattato della *Sfera*, un altro su le *Teoriche de' pianeti*, il cui oggetto era di far conoscere l'astronomia antica, e le correzioni che gli Arabi vi avevano fatte; ec.

Anno di C 1260 *Vitellione*, nato in Polonia, stabilito in Italia, ha lasciato un trattato d'*Ottica* in dieci libri: quest' opera altro non è in sostanza che quella di Alhazen, ma più chiara e più metodica.

Abbiamo ancora del medesimo tempo sopra l'*Ottica* un' opera di Tommaso *Pecham*, che di semplice frate osservante divenne arcivescovo di Cantorbery. Quest' opera è stata stampata più volte, ed è stata per lungo tempo un libro classico.

Federico comincia a regnare nel 1219, *e muore nel* 1250.

Le scienze trovarono un zelante protettore nel grande imperatore Federico II, in mezzo alle continue guerre ch' egli ebbe a sostenere contro i papi. Fondò l'università di Napoli, compose alcune opere, fe' tradurre in latino quelle d'Aristotele, e l'Almagesto di Tolomeo: adoperò in queste traduzioni *Gherardo di Sabionetta*, volgarmente chiamato *Gherardo di Cremona*, di cui abbiamo ancora la traduzione del commentario di Geber sopra l'Almagesto, e del trattato de' crepuscoli di Alhazen; a lui si attribuisce ancora un trattato delle *Teoriche de' pianeti*.

Non parlerei d' *Alberto* soprannominato il *Grande* da alcuni contemporanei, che tali non erano, se non avess' egli scritto de' libri, utili pel suo tempo, su l' aritmetica, geometria, astronomia e meccanica: si distinse principalmente nella parte organica delle macchine. Si riferisce ch' egli aveva fabbricato un automa di figura umana, che andava ad aprire la sua porta quando si batteva, e che mandava fuori alcuni suoni, come per parlare a chi entrava.

Ruggero Bacone nato nel 1214,
e morto nel 1294.

Il francescano inglese *Ruggero Bacone* merita maggiormente di fissare gli sguardi della posterità. Egli ebbe al suo tempo una grandissima riputazione, che conserva ancora presso i dotti. Si sono stampate successivamente molte sue opere, nelle quali trovasi molto genio ed invenzione. Il suo trattato d' Ottica è soprattutto notabile per le viste ingegnose e vere, allora nuove, sopra la rifrazione astronomica, su le grandezze apparenti degli oggetti, su la grossezza straordinaria del sole e della luna all' orizzonte, sul luogo de' fuochi sferici, ec. Alcuni Inglesi, un po' troppo prevenuti in favore del loro concittadino, hanno creduto di vedere in questo trattato, che l' autore avesse avuto cognizione de' besicli ovvero occhiali da naso, ed anche del telescopio; ma il sig. Smith, inglese più imparziale e giudice irrefragabile, distrugge quest' opinione coll' esatta e profonda discussione de' passi che vi hanno dato luogo. Si è voluto parimente attribuire a Bacone la scoperta della polvere da cannone: difatti egli vi si avvicinava, poichè era chi-

mico grande al suo tempo, e conosceva gli effetti del salnitro; ma essa non è stata sviluppata e realmente ben conosciuta che alcuni anni dopo. Fu perseguitato da' suoi confratelli, accusato di magia, chiuso in una prigione, da cui non potè uscire che dopo avere ben provato a' suoi superiori ed al papa Nicolò IV, che non aveva mai avuto commercio col diavolo.

L' invenzione de' besicli è degli ultimi anni del secolo decimoterzo, ed è dovuta agli Italiani. Esistono prove certe che i primi occhiali di questo genere sono stati costruiti da un frate domenicano, chiamato *Alessandro de Spina* morto a Pisa nel 1313.

CAPO X.

Continuazione: scienze presso i Cristiani occidentali ne' secoli decimoquarto e decimoquinto.

Il secolo decimoquarto, fecondo di teologi, alchimisti ed anche di letterati ragguardevoli, fu un tempo ingrato per le matematiche, presso tutte le nazioni occidentali di Europa. Nondimeno vi si veggono comparire alcuni geometri, alcuni astronomi osservatori

o teorici, i quali a dir vero non avanzarono le scienze, ma almeno le mantennero in onore, finattantochè potessero ricevere più efficaci soccorsi.

In Italia, Pietro d'*Abano*, celebre medico, scrisse un trattato su l'astrolabio; *Cecchi Ascoli*, professore di matematica a Bologna, compose un commentario sopra la sfera di Sacrobosco, stampato più volte. Si fecero passare entrambi per istregoni ed eretici: Abano fu bruciato in effigie; Ascoli lo fu realmente in Bologna, nell'anno 1328, nell'età di settant'anni.

In Inghilterra vi furono molti geometri ed astronomi; ma delle loro opere ed osservazioni non rimangono che alcuni frammenti, la maggior parte in manoscritti sparsi in varie biblioteche.

In Germania, Giovanni di Sassonia, religioso agostiniano, scrisse sopra le *tavole* del re Alfonso e sopra gli ecclissi; Enrico di Assia, professore della nuova università di Vienna, trattò della teoria de' pianeti: ma queste opere non sono state stampate.

La Francia cita essa pure alcuni matematici, come Giovanni di *Muris*, autore del sistema della nostra musica moderna, ed inoltre versato nell'astronomia, poichè ci rimane

un suo trattato manoscritto sopra questa scienza; *Giovanni de Lignieres*, astronomo nativo d' Amiens, professore di matematica a Parigi, di cui esistono alcune osservazioni raccolte da Gassendo: Nicolò *Oresme*, che tradusse il libro d' Aristotile *de Mundo*, e compose un trattato delle *proporzioni*, rimasto manoscritto. Si ha un' altra obbligazione all' ultimo di questi matematici: egli era stato precettore del re di Francia Carlo V, soprannominato il *saggio*, ed ebbe la principal parte alla fondazione, che si fece sotto questo principe, della biblioteca dei re di Francia.

Malgrado lo stato di stagnamento in cui si trovava allora la teoria delle matematiche, la meccanica pratica produsse alcune macchine ingegnosissime, di cui dobbiamo fare menzione. Già da lungo tempo si faceva della carta; ma nel secolo decimoquarto un senatore di Norimberga, chiamato *Ulman Strame*, immaginò una meccanica particolare per tritare gli stracci, e passa per l' inventore del molino da cartiera. Gli orologi a ruote, sì stabili quanto portatili, sono del medesimo tempo. Riccardo *Wallingfort*, benedettino inglese, fece pel convento di sant' Albano, di cui era abate, un orologio di questo genere, il quale segnava le ore, il corso del sole e

della luna, le ore delle maree, ec., e scrisse su questo argomento un' opera che esiste manoscritta nella biblioteca di Bodley. Su questo esempio, Giacomo *de Dondis*, cittadino di Padova, dottissimo pel suo tempo nella medicina, astronomia e meccanica, costrul per la sua patria un orologio, che fu allora riguardato come una meraviglia: esso segnava, oltre le ore, il corso del sole, della luna e degli altri pianeti, i giorni, i mesi e le feste dell' anno. Tutte queste macchine appartengono interamente al secolo di cui trattasi, ovvero non furono che imitazioni più o meno perfette dell' orologio, che il califo Haroun-Raschild mandò a Carlo Magno? Sopra di ciò non si può dare giudizio alcuno, per mancanza di necessarj documenti.

Ci avanziamo verso tempi più fortunati. Il secolo decimoquinto ha prodotto molti dotti matematici, e soprattutto dottissimi astronomi. Cominciamo dalla geometria e dall' algebra.

Tra quelli che coltivavano allora queste due scienze, fa d'uopo distinguere principalmente *Luca Paccioli*, chiamato ordinariamente *Luca di Borgo*, perchè era nato a *Borgo-San-Sapoca*, in Toscana. Egli era un frate francescano, e fioriva verso la fine del secolo de-

cimoquinto. Dopo avere lungo tempo viaggiato nell' Oriente, sia per istruirsi, sia per adempire alcune particolari commissioni dei suoi superiori, insegnò le matematiche in Napoli e Venezia, in seguito a Milano dove occupò il primo una cattedra di matematica, fondata da *Luigi Sforza* detto *il Moro*. Compose pe' suoi allievi parecchie opere; tradusse Euclide in latino, o piuttosto rivide la traduzione di Campano, che arricchì di dotte annotazioni. Nel 1494, pubblicò in italiano un trattato d' algebra, intitolato: *Summa de Arithmetica, Geometria, proportioni et proportionalità*, ec., nella quale si trovano le regole ordinarie dell' aritmetica, alcune invenzioni dovute agli Arabi, come le regole di false posizioni, la risoluzione delle equazioni dei due primi gradi, e per fine degli elementi di geometria. Si debbono ancora a Luca di Borgo due altre opere: una: *De divina proportione*, che abbraccia una moltitudine di oggetti, di prospettiva, musica, architettura, ec.; l' altra è un trattato de' corpi regolari, sotto un lungo titolo latino, ch' è inutile di copiare.

L' astronomia fece grandi progressi in quel secolo. I suoi primi benefattori furono Giovanni *Gmunden*, che la professava nell' uni-

versità di Vienna, verso l'anno 1416, ed il famoso Pietro *Dailli*, che propose al concilio di Costanza nel 1414 alcuni mezzi di riformare il calendario divenuto fallacissimo, e di conciliare i moti del sole e della luna.

Nicolò di Cusa nato nel 1391, *e morto nel* 1454.

Il cardinale di *Cusa* è celebre tra i dotti, per avere intrapreso di far rivivere il sistema de' pitagorici sopra il moto della terra. Questa vera idea non aveva ancora la maturità che le osservazioni le dovevano dare, e deve sembrare un po' straordinario che un cardinale sostenesse in quel tempo, senza che alcuno ne fosse scandalizzato, un' opinione per la quale dugent' anni dopo, Galileo, appoggiato sopra prove solide, fu rinchiuso nelle prigioni dell' inquisizione.

Purbach nato nel 1421, *e morto nel* 1461.

Purbach ed il suo discepolo *Regiomontano*, sono riguardati come i restauratori, o i due più grandi promotori dell' astronomia nel secolo decimoquinto. Il primo, dopo avere lungo tempo viaggiato per acquistare nel com-

mercio dei dotti un' ampia cognizione dell' astronomia, di cui aveva appreso i principj sotto Giovanni Gmunden, andò a stabilirsi in Vienna, ove i beneficj dell' imperatore Federico III lo trassero, e dove succedette al posto che Giovanni Gmunden aveva occupato nell' università. Fino d' allora intraprese un' opera utile e necessaria: voglio dire una buona traduzione dell' Almagesto di Tolomeo, giacchè tutte quelle che erano state pubblicate in latino, ridondavano d' errori, per l'ignoranza de' traduttori nell' astronomia. Egli non sapeva nè il greco nè l' arabo; ma la perfetta intelligenza della materia gli servì a rettificare quelle cattive traduzioni, ed a procurarsi, almeno in quanto al senso, la vera opera di Tolomeo. Ben tosto egli scrisse, in vantaggio de' suoi allievi, diversi trattati concernenti l'aritmetica, la geometria, le altezze solstiziali del sole, la descrizione ed uso degli orologi portatili, il calcolo del grado di ciascun parallelo relativamente al grado dell' equatore, ec. Siccome alle cognizioni teoriche accoppiava l' abilità della mano, costruì egli medesimo degli strumenti utili alla gnomonica, e de' globi celesti sui quali era notato il moto delle stelle in longitudine da Tolomeo sino all' anno 1450. Egli determinò, colle

proprie osservazioni, l' obbliquità dell' ecclittica; fece diverse correzioni alla teoria del moto de' pianeti che le antiche tavole rappresentavano in modo difettoso; finalmente introdusse alcune abbreviazioni nel calcolo trigonometrico.

Regiomontano nato nel 1436, *e morto nel* 1476.

La sua maggior gloria si è d'aver formato *Regiomontano*. Eglino osservarono insieme a Vienna per dieci anni. Dopo la morte di Purbach, il genio ed il gusto avido che Regiomontano aveva per tutte le scienze, gli fecero intraprendere il viaggio di Roma, per impararvi facilmente il greco, e mettersi in istato di leggere non solo Tolomeo nella sua lingua, ma ancora gli altri matematici greci. I suoi progressi furono sì rapidi, che in pochissimo tempo tradusse dal greco in latino le *Coniche* d'Apollonio, le *Cilindriche* di Sereno, le *Questioni meccaniche* d'Aristotile, le *Pneumatiche* di Jerone, tutte le opere di Tolomeo, ec. Egli corresse sul testo greco l'antica versione d'Archimede, fatta da Giacomo di Cremona. Non si ristrinse già a tradurre, ma fu egli medesimo autore originale di di-

verse opere eccellenti. Il suo trattato di *Trigonometria* è notabile per molte novità, ed in particolare per un bel metodo, altronde il primo che sia stato dato, per risolvere in generale un triangolo sferico qualunque, allorchè si conoscano i tre angoli, o i tre lati. La riputazione di Regiomontano determinò il senato di Norimberga a chiamarlo in quella città. Egli vi formò un osservatorio; lo guernì d'eccellenti strumenti perfezionati o inventati da lui medesimo, e coi quali fece alcune osservazioni che lo misero in istato di rettificare ed estendere le antiche teorie. Parecchi astronomi avevano attribuito, dietro alcune osservazioni malamente interpretate di cui ne dà il ragguaglio, un movimento irregolare alle stelle, ora diretto verso Oriente, ed ora in una direzione contraria: Regiomontano confuta vittoriosamente questa opinione. Nel 1472, ebbe occasione d'osservare una cometa, il cui movimento, dapprima lentissimo, ben presto s'accelerò con tale velocità, che percorreva verso il suo perigeo più di trenta gradi in ventiquattr'ore; essa trascinava dietro a se una coda di più di trenta gradi di lunghezza.

Il papa Sisto IV volendo far lavorare nella riforma del calendario, invitò Regio-

montano a portarsi a Roma per dirigere ed eseguire questa importante operazione; gli fece magnifiche promesse; lo nominò altresì al vescovato di Ratisbona. Regiomontano partì; ma dopo alcuni mesi di soggiorno in Roma, morì nell'età di quarant'anni. Si sparse la voce che i figli di *Giorgio di Trebisonda*, uno de' traduttori di Tolomeo e di Teone, lo avevano fatto avvelenare, perchè aveva rivelato pubblicamente molti errori del loro padre.

Waltero nato nel 1430, *e morto nel* 1504.

Lasciando Norimberga, Regiomontano vi lasciò un allievo ben capace di seguitare le sue vedute, e di aggiungerne delle nuove: era questi Waltero, ricco cittadino, che fece costruire tutti gli strumenti che Regiomontano aveva immaginati, e che, dopo la morte del suo maestro, continuò ad osservare il cielo trent'anni.

Tutte queste osservazioni, che presentano una moltitudine di fenomeni variati, formano un prezioso tesoro per gli astronomi. Sventuratamente gli strumenti d'astronomia non avevano allora tutta la perfezione che hanno

acquistata in seguito: inoltre non si aveva ancora il soccorso de' cannocchiali. Waltero era geloso delle sue cognizioni astronomiche, come un amante della sua innamorata; egli non le comunicava ad alcuno; fu accusato parimente di essersi riservato esclusivamente l'uso de' manoscritti di Regiomontano, di cui egli era depositario.

Si trovano ancora nel secolo decimoquinto molti dotti matematici. In Francia Giacomo *Lefèvre* coltivò le matematiche con lode, e fu utile per le traduzioni ed altre opere: in Italia, Giovanni *Bianchini* bolognese costruì delle tavole astronomiche, stimate in quel tempo; Giacomo *Angelo* fiorentino tradusse la geografia di Tolomeo; Domenico Maria *Novera* bolognese iniziò Copernico all'astronomia; in Germania Giovanni *Engel* bavarese pubblicò alcune effemeridi de' movimenti celesti, e propose un progetto di riforma pel calendario di Spagna; *Ferdinando di Cordova* commentò l'almagesto di Tolomeo; Bernardo di *Granolachi* pubblicò in ispagnuolo alcune effemeridi cominciate nell'anno 1488, e calcolate sino all'anno 1550, cc. Tutti questi lavori contribuirono a mantenere il sacro fuoco delle scienze.

Navigazione nel 15.mo secolo.

La navigazione è troppo essenzialmente connessa coll' astronomia, perchè indipendentemente dalla sua particolare utilità si possano passare sotto silenzio gli immensi progressi che fece nel secolo decimoquinto, soprattutto verso la fine. Essi sono principalmente dovuti alla bussola, di cui si deve quindi far conoscere primieramente l' origine ed i mezzi che somministra per dirigere un vascello in mare.

Invenzione della bussola.

Si conosceva, presso i Greci, sino dai tempi di Talete, la proprietà che ha la calamita di attrarre il ferro; i Chinesi la conoscevano altresì cinquant' anni prima dell' era cristiana. Ma non si sapeva, almeno in Europa, avanti il principio del duodecimo secolo, che una pietra di calamita sospesa liberamente, o galleggiante sull' acqua per mezzo del sughero, si diriga sempre dalla medesima parte verso i due poli: si sapeva ancor meno che la calamita comunica la stessa proprietà ad una verga o ago di ferro. Ap-

parisce dalle opere di Guy de Provins, uno de' nostri poeti del duodecimo secolo, che i marinai francesi sono i primi che abbiano adoperata la bussola per dirigere la rotta de' vascelli, donde le fu dato il nome di *marinetta*. L' uso di sospenderc l' ago calamitato sopra un perno è antichissimo tra noi. Nondimeno gli Italiani, i Tedeschi e gli Inglesi ci disputano l' invenzione della bussola. Queste reciproche pretensioni possono essere sostenute, sì perchè egli è possibile che si trovi nel medesimo tempo la stessa cosa in diversi luoghi, come ancora perchè la bussola essendo stata perfezionata successivamente, le nazioni che vi hanno contribuito, ciascuna per la propria utilità particolare, hanno creduto di potersi attribuire la totalità dell' invenzione. In quanto a' Chinesi, s' egli è vero, come alcuni storici pretendono, che abbiano fatta servire, molto tempo prima degli Europei, la bussola alla navigazione, essi sono almeno stati sempre ristretti ad una pratica grossolana; poichè il loro metodo costante di far galleggiare la calamita su l' acqua non è paragonabile alla sospensione sopra un perno.

Gli antichi, che nel mare non avevano altra guida che l' osservazione delle stelle, di raro osavano allontanarsi dalle coste ad una

distanza un poco considerevole. Muniti della bussola, i moderni navigatori abbandonarono gradatamente quel metodo lento e timido di costeggiare la riva; e condotti dalla loro nuova guida, sicura non meno che comoda, si slanciarono in alto mare; navigarono la notte come il giorno, e ne' tempi più nebbiosi, con piena confidenza giustificata dalla buona riuscita. In tal modo la bussola pose veramente gli uomini in possesso dell' impero del mare, ed aprì delle comunicazioni tra tutti i popoli che abitano le varie parti del globo terrestre.

Verso la metà del secolo decimoquarto, gli Spagnuoli avevano cominciato a navigare su l'oceano Atlantico, ed avevano scoperto le isole Canarie o *Fortunate*, di cui gli antichi avevano avuta cognizione, ma abbandonate e dimenticate da lungo tempo. La navigazione prese uno slancio più grande e più ardito nel secolo decimoquinto, e dovette questi primi successi, d' un nuovo genere, al genio e coraggio de' Portoghesi.

Le scienze coltivate dagli Arabi erano state introdotte nel Portogallo, come nella Spagna, dai Mori e dagli Ebrei che erano in gran numero in quei paesi. Sotto il re

Giovanni I, uno de' più grandi principi che abbiano governato il Portogallo, una flottiglia andò ad attaccare i Mori stabiliti su le coste di Barbaria, mentre altri vascelli erano incaricati di navigare lungo la costa occidentale dell' Africa, e di scoprire i paesi che ivi erano situati. Questi primi tentativi ebbero un esito felice, e furono il preludio delle grandi scoperte che si preparavano. Anno di C. 1412

Il principe Enrico di Portogallo.

Enrico, duca di Visco, quarto figlio del re Giovanni, aveva accompagnato suo padre nella spedizione di Barbaria, e vi si era distinto per diverse azioni di bravura. Istrutto in tutte le scienze del suo tempo, e principalmente nella geografia, dalle lezioni de' più eccellenti maestri, e dalle relazioni de' viaggiatori aveva acquistato una profonda cognizione della configurazione del globo terrestre: concepì la possibilità ed il progetto di portare più oltre queste prime conquiste. Raccolse un numero grande d'ufficiali di mare, già molto sperimentati; comunicò loro i suoi piani che adottarono con entusiasmo. Si equipaggiarono delle flotte, ed avanzando

verso il Sud, non solo si scoprirono vaste e ricche contrade lungo la costa occidentale dell' Africa, ma allontanandosi da questa costa verso l'Ouest, si trovarono molte isole, come Madera, le isole del Capo verde, le Azzore, ec. Alla morte del principe Enrico, i navigatori portoghesi non erano più che a cinque gradi di distanza dalla linea equinoziale.

Anno di C. 1463

La scoperta del principe Enrico, che appartiene più particolarmente al nostro argomento, è quella ch' egli fece delle carte marine, conosciute sotto il nome di *carte platte* per rappresentare la rotta che deve seguire un vascello, e per dirigerlo effettivamente secondo questa rotta. L'uso de' globi terrestri era antichissimo: quello delle carte, più recente, aveva la preferenza dopo che Tolomeo e gli Arabi avevano dato de' metodi geometrici per proiettare i cerchi della terra sopra una semplice superficie piana; ma il principe Enrico che voleva segnare con linee rette i diversi rombi di vento d'un vascello, non vi potè impiegare queste carte, e fu obbligato d' immaginare un' altra costruzione. Egli suppone che i meridiani sieno espressi da linee rette parallele, ed i cerchi paralleli all' equatore da altre linee rette parallele, per-

pendicolari alle prime ; disegna su la carta la rosa de' venti ; indi per notare la rotta di un vascello che suppone seguire il medesimo rombo di vento, conduce dal luogo di partenza al luogo d'arrivo una linea retta, e crede che la linea de' venti parallela a quella adempia l'oggetto proposto ; ma queste carte non possono realmente servire che per piccole estensioni del globo. Allorchè gli spazj sono considerevoli, i gradi de' cerchi paralleli all' equatore non possono essere rappresentati da un cerchio all' altro da linee uguali, come suppone l'autore ; poichè si sa che le circonferenze di questi cerchi diminuiscono continuamente dall' equatore al polo. Inoltre la rotta per un medesimo rombo di vento non è in questa costruzione medesima una semplice linea retta, eccetto che nelle due ipotesi limitatissime in cui il vascello seguisse sempre il medesimo meridiano, o il medesimo parallelo. Si compresero ben presto questi inconvenienti, e vi si rimediò ne' due secoli seguenti.

Il movimento che il principe Enrico aveva impresso alla navigazione, fu portato al più alto grado. In tutta l'Europa non si pensava che a viaggi lontani, a progetti di conquistare nuovi paesi, e a formare nuovi stabilimen-

ti, che si andavano a cercare a traverso dei mari, esponendosi ai pericoli più spaventosi. Alla morte del principe Enrico, il trono di Portogallo era occupato da Alfonso, che dovendo sostenere alcune sue pretensioni alla corona di Castiglia, ed una guerra contro i Mori di Barbaria, non potè che debolmente seguitare le scoperte lungo le coste d'Africa; esse furono spinte con ardore da suo figlio Giovanni II, tutto pieno dello spirito e delle cognizioni di suo zio il principe Enrico. Nel 1484, i Portoghesi armarono una potente flotta che, dopo essersi impadronita del regno di Benin, s'avanzò molto lontano al di là dell'equatore, e fece vedere per la prima volta agli Europei un nuovo cielo e nuove stelle. Due anni dopo, Bartolommeo Diaz penetrò sino al *Capo di Buona Speranza*; nel 1492, Vasco di Gama passò questo capo, ed andò a fondare molti stabilimenti portoghesi nelle Indie orientali. Dalla parte di Ponente, il celebre *Cristoforo Colombo*, formato alla scuola de' navigatori portoghesi, intraprese, nell'anno medesimo 1492, il giro del mondo, con una flotiglia armata a spese d'Isabella, regina di Castiglia, e di Ferdinando suo marito, re d'Aragona: se non potè compire interamente questo va-

sto progetto, egli almeno s'immortalò colla scoperta dell' America; scoperta la più grande e la più importante che abbia mai onorata la navigazione. Le particolarità di queste famose spedizioni sono estranee a questa opera.

Fine del secondo Periodo.

TERZO PERIODO

PROGRESSO DELLE MATEMATICHE

DALLA FINE DEL SECOLO DECIMOQUINTO FINO ALL' INVENZIONE DELL' ANALISI INFINITESIMALE.

I progressi, che le nazioni occidentali dell' Europa hanno fatti nelle scienze dal principio del secolo decimosesto fino a' nostri giorni, oscurano talmente quelli degli altri popoli, ch' io non mi occuperò che de' primi nella continuazione di questo Saggio. Che sono di fatti le osservazioni astronomiche dei Chinesi o degli Indiani, in paragone di tutte le belle scoperte onde gli Europei hanno arricchito l' analisi, la geometria, la meccanica, l' astronomia, ec.? La storia delle scienze non è già come la storia generale de' popoli. Nel racconto degli affari politici, si deve scrivere in dettaglio, e classificare per ordine le

güerre, le negoziazioni, i cambiamenti di costumi, le rivoluzioni di ciascun popolo, ec., affine di dare un corpo alla cronologia, e di far conoscere i posti che occupano le varie nazioni sopra la superficie della terra: nelle scienze dove gli avvenimenti sono le nuove verità, se una scoperta viene a collegarsi con una teoria più estesa e più importante, essa perde la sua individuale esistenza, e si può senza inconveniente escluderla dal quadro generale delle umane cognizioni.

CAPO PRIMO.

Progressi dell' analisi.

Comprendo qui l' aritmetica e l' algebra sotto il nome generico d' analisi, che conviene ad entrambi; poichè difatti non formano che una scienza medesima. L' aritmetica opera immediatamente sui numeri e l' algebra opera in modo simile su le grandezze in generale. Sovente l' algebra presta un soccorso utilissimo ed anche necessario all' aritmetica per condursi nel laberinto di certe combinazioni astratte, poichè i calcoli numerici non lasciando vestigi del cammino per cui si è passato, v' ha bisogno, in parecchie

occasioni, di risalire ai principj generali, e di poterne seguire il filo.

Le opere analitiche di Leonardo da Pisa essendo rimaste manoscritte, e come assolutamente sconosciute anche in Italia, il trattato *Summa de arithmetica et geometria* di Luca da Borgo, di cui abbiamo già parlato, rappresentava lo stato in cui era l'algebra allora, cioè a dire, ristretta alla risoluzione completa delle equazioni de' due primi gradi. Il passaggio ai gradi superiori era difficile. L'Italia ebbe la gloria di dare a questo riguardo una nuova estensione all'algebra, colla risoluzione generale delle equazioni di terzo e quarto grado.

Cardano nato nel 1501, *e morto nel* 1576.
Tartaglia nato nel 1479, *e morto nel* 1557.

Cardano, nel suo libro intitolato *De arte magna*, pubblicato nel 1545, riferisce che Scipione Ferro, professore di matematica in Bologna, è il primo che abbia dato la formola per risolvere le equazioni del terzo grado; che circa trent' anni dopo un Veneziano chiamato del Fiore, istrutto di questa scoperta dal suo maestro Ferro, propose a Nicolò

Tartaglia, celebre matematico di Brescia, varj problemi, la cui soluzione dipendeva da questa formola; e che Tartaglia meditando sopra questi problemi, giunse a trovarla. In un altro luogo Cardano confessa che, sulle di lui istanti preghiere, Tartaglia gli comunicò questa formola medesima, ma senza aggiungervi la dimostrazione; e che avendo trovato questa dimostrazione coll'aiuto del suo discepolo Luigi Ferrari, giovane di grande penetrazione, aveva creduto di dover dare ogni cosa al pubblico. Ma Tartaglia fu assai malcontento del modo di procedere di Cardano; egli pretese d'essere solo inventore della formola; sostenne che del Fiore medesimo non la conosceva, e che Cardano era reo nello stesso tempo d'infedeltà e di plagio, per avere pubblicata una formola che gli era stata confidata sotto il sigillo del segreto, ed alla quale non aveva dritto alcuno.

La risoluzione delle equazioni del quarto grado seguì da vicino quella delle equazioni del terzo. Sappiamo ancora da Cardano che Luigi Ferrari fece questa nuova scoperta. Il suo metodo, conosciuto presentemente da tutti gli analisti sotto il nome di *metodo italiano*, consisteva nel disporre i termini dell'equazione di quarto grado, in modo tale che

aggiungendo a ciascun membro la medesima quantità, i due membri potessero risolversi col metodo del secondo grado. Soddisfacendo a questa condizione, siamo condotti ad un' equazione del terzo grado: cosicchè la risoluzione completa del quarto grado è connessa con quella del terzo, e le difficoltà di questo s' incontrano egualmente nell' altro. Dico le *difficoltà*: vi è effettivamente nel terzo grado un caso ch' è divennto la tortura di tutti gli analisti, e che per questa ragione si chiama *caso irreducibile*. Questo caso abbraccia le equazioni in cui le tre radici sono reali, disugnali, ed incommensurabili tra loro. Allora le formole, che le rappresentano, comprendono delle parti immaginarie, ed a prima giunta saremmo portati a credere che queste espressioni sieno immaginarie, se un attento esame della loro natura non ci trattenesse dal precipitare il nostro giudizio. Tartaglia e Cardano nulla osarono pronunziare su questo proposito. L' ultimo si applicò soltanto a risolvere alcune equazioni particolari, che sembravano riferirsi al caso menzionato, e nelle quali la difficoltà accidentalmente scompariva.

Raffaele Bombelli bolognese, un poco posteriore a Cardano, fece vedere il primo, nella sua algebra stampata nel 1579, che le

parti della formola che rappresenta ciascuna radice nel caso irreducibile, formano col loro aggregato un risultato reale in tutti i casi. Questa proposizione era allora un vero paradosso; ma il paradosso svanì quando Bombelli dimostrò con costruzioni geometriche, ad un dipresso della stessa natura di quelle onde si era servito Platone per trovare le due medie nel problema della duplicazione del cubo, che le quantità immaginarie comprese nelle due parti della formola, dovevano necessariamente distruggersi per l'opposizione de' segni. Per appoggiare questa dimostrazione generale, l'autore produsse molti esempj particolari, ne' quali, cavando secondo i metodi ordinarj per le quantità reali, le radici cubiche dai due binomj che compongono il valore dell'incognita, indi aggiungendo le due radici, si ottengono de' risultati reali. In seguito i geometri sono giunti alla medesima conclusione con altri mezzi più semplici e più diretti; ma questo primo sforzo di Bombelli fu in quel tempo un passo grande nell'analisi delle equazioni.

Era cosa naturale il riflettere che i metodi pel terzo e quarto grado dovevano estendersi più oltre, o almeno far nascere delle nuove idee su le forme delle radici ne' gradi

superiori al quarto. Ma eccettnate le equazioni, che con alcune trasformazioni di calcolo, riduconsi in ultima analisi ai quattro primi gradi, l'arte di risolvere le equazioni, in generale ed a tutto rigore, non ha fatto alcun progresso dopo i lavori degli Italiani che abbiamo citati.

Maurolico nato nel 1494, *e morto nel* 1575.

Maurolico, abate di s. Maria del Porto in Sicilia, profondo in tutte le parti delle matematiche, attese ad un altro ramo di calcolo analitico, allora quasi sconosciuto: voglio dire la sommazione di più serie di numeri, come la serie de' numeri naturali, quella de' loro quadrati, quella de' numeri triangolari, ec. Diede sopra questo argomento de' teoremi notabili per l'acutezza dell'invenzione e la semplicità de' risultati.

Vieta nato nel 1540, *morto nel* 1603.

Si è veduto che con piacere noi rendiamo giustizia ai dotti stranieri. La medesima equità esige che si attribuisca a Vieta, uno de' nostri illustri concittadini, la gloria di avere generalizzato l'algoritmo dell'algebra, e di

avervi fatte molte importanti scoperte. Prima di lui non si risolvevano che alcune equazioni del genere di quelle che chiamansi *equazioni numeriche*: si rappresentava l'incognita con un carattere particolare, o con una lettera d'alfabeto; le altre quantità erano numeri assoluti. Egli è vero che in seguito il metodo applicato ad un'equazione poteva applicarsi egualmente ad un'altra equazione somigliante. Ma egli era da desiderarsi che tutte le grandezze fossero indistintamente rappresentate con caratteri generali, e che tutte le equazioni particolari del medesimo ordine non fossero che semplici traduzioni della medesima formola generale: Vieta procurò questo vantaggio all'algebra, coll'introdurvi le lettere dell'alfabeto per rappresentare ogni specie di grandezze cognite o incognite: notazione facile e comoda, tanto perchè l'uso delle lettere è a noi molto familiare, quanto ancora perchè una lettera può esprimere indifferentemente un peso, una distanza, una velocità, ec. Egli stesso fece molti usi felicissimi di questo nuovo algoritmo. Insegnò a far subire varie trasformazioni alle equazioni di tutti i gradi, senza conoscerne le radici; a privarle del secondo termine; ad eliminare i coefficienti frazionarj; ad aumentare o diminuire le radici di

una data quantità; a moltiplicare o dividere le radici per qualunque numero: diede un metodo ingegnoso e nuovo per risolvere le equazioni del terzo e quarto grado. Finalmente, in mancanza d'una risoluzione rigorosa delle equazioni di tutti i gradi, pervenne ad una risoluzione approssimata: essa è fondata sopra questo principio, che un'equazione qualunque altro non è che una potenza imperfetta dell'incognita; e l'autore vi impiega presso a poco lo stesso metodo come per trovare per approssimazione le radici de' numeri che non sono potenze perfette. Se noi possediamo presentemente de' mezzi più semplici e più comodi per conseguire il medesimo intento, dobbiamo nulladimeno ammirare questi primi sforzi del genio.

Parecchi algebristi pubblicarono, verso il medesimo tempo, varj trattati utilissimi per propagare la scienza, che però non contengono altronde alcuna nuova veduta un poco interessante.

Invenzione de' Logaritmi.

I primi anni del secolo decimosettimo furono distinti colla bella scoperta de' *Logaritmi*, che ha reso e non cesserà mai di

rendere i più importanti servigi a tutte le parti pratiche delle scienze, soprattutto all' astronomia, portando ne' calcoli numerici delle abbreviazioni, senza le quali la pazienza più esercitata sarebbe stata costretta d'abbandonare una moltitudine di ricerche. Quest' invenzione è del barone di Nepero, signore scozzese, d'una casa illustre che ancora sussiste in Inghilterra.

Ognuno sa che delle quattro regole fondamentali dell' aritmetica, l' addizione, la sottrazione, la moltiplica e la divisione, le due prime sono d' una pratica facile ed esatta, ma le altre due, e specialmente la divisione, esigono operazioni sovente lunghissime, laboriosissime, e capaci di ributtare il calcolatore, o di esporlo a commettere errori pericolosi. Un' osservazione che era stata fatta da lungo tempo su la corrispondenza della proporzione o progressione geometrica colla proporzione o progressione aritmetica, ma da cui non si era tratta veruna conseguenza, fece nascere il pensiero al barone di Nepero di costruire delle tavole per mezzo delle quali si evitano la moltiplica e la divisione, e tutti i calcoli numerici riduconsi a semplici addizioni e sottrazioni.

Quest' osservazione consiste in ciò, che quanto si opera per via di moltiplica e divisione nella proporzione o progressione geometrica, altrettanto si opera per via di addizione e sottrazione nella proporzione o progressione aritmetica: per esempio, nella proporzione geometrica, il quarto termine è uguale al prodotto de' medj, diviso pel primo termine; e nella proporzione aritmetica il quarto termine è uguale alla somma de' medj, meno il primo termine: nella progressione geometrica, un termine è uguale ad un altro moltiplicato per la ragione della progressione, tante volte più una, quanti sono i termini tra loro compresi; e nella progressione aritmetica, un termine è uguale ad un altro più la differenza della progressione, aggiunta tante volte più una, quanti termini vi sono tra essi: Perciò il barone di Nepero fece corrispondere termine per termine due progressioni, una geometrica, l'altra aritmetica; egli riguardò i termini della prima come numeri principali, e quelli della seconda come loro logaritmi, o come misure de' loro rapporti; insegnò a formare delle tavole che dovevano contenere queste due specie di numeri: allora, se si trattava di fare delle moltipliche e delle divisioni, non si aveva che da operare

sopra i logaritmi, per addizione e per sottrazione; i nuovi logaritmi, che in tal modo si ottenevano, corrispondevano nelle tavole ai numeri che si sarebbero dovuti cercare direttamente, senza questo soccorso, colla moltiplica e colla divisione.

La scelta delle due progressioni è egualmente arbitraria, in quanto alla teoria. Nepero prese per la progressione aritmetica dei logaritmi quella de' numeri naturali, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, ec., facendo corrispondere il logaritmo zero all' unità di numerazione della progressione geometrica; e regolò questa per modo che i suoi termini essendo rappresentati dalle ascisse d' un' iperbola equilatera tra i suoi asintoti, nella quale la prima ascissa e la prima ordinata hanno ciascuna per valore 1, i logaritmi sono rappresentati dalle serie degli spazj iperbolici. Allora il numero *fondamentale* della progressione geometrica, cioè a dire, il numero che colle sue potenze successive forma i termini della progressione geometrica, e co' suoi esponenti quelli della progressione aritmetica, vale 2,71828, circa. Trovato una volta questo numero, se esso s' innalza successivamente al quadrato, al cubo, alla quarta potenza, alla quinta, ec., i numeri risultanti 7,382; 20,086; 54,599;

148,425, ec., sono i termini seguenti della progressione geometrica, ai quali corrispondono i logaritmi 2, 3, 4, 5, ec. Ma ciò non basta: bisogna inoltre determinare i logaritmi de' numeri intermedj ai termini della progressione geometrica, affine di poter costruire delle tavole che, per la vicinanza ed estensione de' numeri su i quali si deve operare, si applichino a tutti i bisogni della pratica del calcolo. La sola aritmetica somministra per ciò sufficienti soccorsi; ma si ottiene molto più presto l'intento, servendosi nello stesso tempo dell' algebra.

Briggs, nato nel 1556, e *morto nel* 1630.

Tale era il sistema de' logaritmi, che Nepero espose nel suo libro intitolato: *Logarithmorum canonis descriptio, seu arithmetica supputationum mirabilis abreviatio*, pubblicato, la prima volta, in Edimburgo, nel 1614. Questo sistema ha l'inconveniente che i termini della progressione geometrica fondamentale, ad eccezione del primo, sono numeri accompagnati da frazioni, mentre quelli della progressione aritmetica de' logaritmi corrispondenti, sono numeri interi; il che avrebbe prodotto lunghezze incomode, nell' uso

delle tavole costruite secondo questa ipotesi. L'autore riconobbe egli medesimo questo difetto: ne conferì con Enrico Briggs, suo amico, professore di matematica nel collegio di Gresham. Ambidue convennero di sostituire alla progressione geometrica fondamentale, proposta, la progressione decupla 1, 10, 100, 1000, ec., che serve di base alla numerazione, e di conservare altronde tutto il rimanente. Con questo cangiamento, la costruzione delle tavole divenne più facile e d'un uso più comodo. Aggiungiamo che quando i logaritmi sono una volta calcolati per uno dei due sistemi, si trovano calcolati per l'altro, col moltiplicarli per un numero dato e costante. Questa reciproca comunicazione dei due sistemi ha fatto che si è conservato l'uso del primo nelle formole logaritmiche del calcolo integrale, alle quali si applica in un modo semplicissimo e comodissimo.

Essendo morto Nepero prima d'aver potuto calcolare delle tavole, secondo il nuovo sistema, Enrico Briggs si trovò solo incaricato di tutto questo lavoro, al quale si dedicò con un infaticabile ardore. Nel 1618, pubblicò una tavola de' logaritmi ordinarj pei mille primi numeri naturali; nel 1624, ne diede una seconda, che conteneva i logaritmi

de' numeri naturali da 1 sino a 20000, e da 90000 sino a 100000. Gelibrando, Gunther ed Adriano Wlacq, dotti assai distinti, allievi o amici di Briggs, riempirono le lacune che aveva lasciate; pubblicarono nuove tavole, che contenevano i logaritmi de' seni, tangenti, ec., pel quadrante. Queste tavole in seguito sono state portate ancora più oltre; e non finirei mai, se volessi fare l'enumerazione di tutte le forme che a queste si sono date, sempre però nel sistema adottato da Briggs. Noi non abbiamo più nulla da desiderare a questo riguardo; e tutte le estensioni che di tempo in tempo si cerca ancora di dare alle tavole, altro non sono che superfluità illusorie.

Non debbo ommettere che un geometra tedesco, chiamato Just Byrge, fece stampare, nel 1620, una tavola costruita secondo l'ordine inverso delle nostre tavole ordinarie de' logaritmi. Invece di riguardare i numeri relativi alla progressione geometrica, come i numeri principali, ai quali debbono essere subordinati i logaritmi, egli riguarda per lo contrario i logaritmi come i numeri principali, ai quali fa corrispondere quelli che dipendono dalla progressione geometrica. Ma questo sistema non ha fatto e non doveva far

fortuna, per l' immensità delle tavole che avrebbe richiesto.

Progressi dell' algebra. Hariot, nato nel 1560, *e morto nel* 1621.

Mentre l' aritmetica si arricchiva della scoperta de' logaritmi, l' algebra faceva notabili progressi nelle mani di Hariot, analista inglese, che pubblicò, nel 1620, un' opera intitolata: *Artis analyticae praxis*. Quest' opera contiene tutto ciò che era stato scritto di importante su l' algebra, e molte novità che appartengono all' autore. Da principio Hariot semplificò le notazioni di Vieta, col sostituire le lettere minuscole invece delle maiuscole, e nuovi segni per abbreviare il discorso: taluni riputeranno forse per piccolo merito l' aver fatto questi cambiamenti; quelli che sanno che la semplicità d' un algoritmo ha sovente prodotto notabili scoperte, porteranno un altro giudizio. Hariot è il primo che abbia immaginato di mettere dalla medesima parte tutti i termini d' un' equazione, ed abbia quindi veduto distintamente ciò che Vieta non aveva fatto che indicare in un modo confuso, cioè a dire, che in qualunque equazione il coefficiente del secondo termine è la

somma delle radici prese con segni contrarj; che il coefficiente del terzo è la somma dei prodotti delle radici prese a due à due; che il coefficiente del quarto è la somma de' prodotti delle radici prese a tre a tre con segni contrarj; così di seguito, sino all' ultimo termine che è il prodotto di tutte le radici prese con segni contrarj. A lui si deve l' osservazione, che tutte le equazioni, che passano il primo grado, possono riguardarsi come prodotte dalla moltiplica di equazioni del primo grado: di modo che sostituendo in luogo dell' incognita uno de' valori dati da queste equazioni componenti, la totalità de' termini dell' equazione proposta diviene eguale a zero. Questi teoremi hanno facilitata la soluzione completa di alcune equazioni particolari, e di altre ricerche.

Cartesio, nato nel 1596, *e morto nel* 1650.

Nessuno ha contribuito più del nostro illustre Cartesio all' avanzamento generale della scienza analitica. La natura gli aveva dato il genio e l' audacia necessaria per rimovere tutti i confini delle umane cognizioni. Egli insegnò agli uomini, nel suo *Metodo*, l' arte di cercare la verità; al precetto aggiunse

l'esempio nelle sue opere di matematica. La gloria da lui acquistata con queste opere non perirà mai, perchè le verità che ha scoperte sono di tutti i tempi; ma non si può dissimulare che la maggior parte de' suoi sistemi filosofici, prodotti dall'immaginazione, e contraddetti dalla natura, sono già scomparsi, e non hanno prodotto altro vantaggio che quello di sbandire la tirannia del peripatetismo. L'Algebra gli deve molte importanti scoperte. Egli introdusse, nelle moltipliche reiterate della medesima lettera, la notazione delle potenze per mezzo degli esponenti, cosa che semplifica il calcolo, ed è stata il germe del metodo per isvolgere in serie le quantità radicali. Gli analisti, che lo avevano preceduto, non conoscevano l'uso delle radici negative nelle equazioni, e le rigettavano come inutili: egli fece vedere ch' esse sono tanto reali ed atte a risolvere un quesito, quanto le radici positive, non avendo altro fondamento la distinzione, che deve farsi tra le une e le altre, che il modo differente di considerare le quantità di cui esse sono i simboli. Egli insegnò a discernere in un' equazione, che contiene soltanto radici reali, il numero delle radici positive, e quello delle radici negative, colla combinazione de' segni che precedono i ter-

mini dell' equazione. Il metodo *delle indeterminate*, traveduto da Vieta, fu sviluppato da Cartesio, che ne fece una chiara e distinta applicazione alle equazioni del quarto grado: egli finge che l'equazione generale di questo grado sia il prodotto di due equazioni del secondo, affetto da coefficienti indeterminati; e col paragone de' termini di questo prodotto con quelli dell' equazione proposta, giunge ad un' equazione riducibile al terzo grado, la quale dà i coefficienti incogniti. Questo metodo si applica ad un' infinità di problemi in tutte le parti delle matematiche.

Hudde, morto in età molto avanzata nel 1704.

Non farò qui menzione di molti dotti algebristi che, poco tempo dopo la morte di Cartesio, studiarono ed anche perfezionarono i suoi metodi. Ve n'è però uno che merita una particolare attenzione: egli è questi il celebre Hudde, Borgomastro d' Amsterdam, che pubblicò nel 1658, nel commentario di Schooten sopra la geometria di Cartesio, un metodo ingegnosissimo per riconoscere se un' equazione d' un grado qualunque contenga più radici eguali, e per determinare queste radici medesime.

Pascal, nato nel 1623, *e morto nel* 1662.

Pascal si aprì una nuova strada nell' analisi col suo famoso *Triangolo aritmetico*. È questo una specie d' albero genealogico, in cui per mezzo d' un numero arbitrario, scritto su la punta del triangolo, l' autore forma successivamente, e nel modo più generale, tutti i numeri figurati, determina i rapporti che hanno tra loro i numeri di due caselle qualunque, e le varie somme che debbono risultare dall' addizione de' numeri d' una medesima fila, presa in qualsivoglia direzione. Egli fa in seguito molte interessanti applicazioni di questi principj. Quella in cui determina le condizioni che si debbono stabilire tra due giuocatori che giuocano più partite, merita principalmente di essere notata, poichè ha data l' origine al calcolo delle probabilità, nella teoria de' giuochi d' azzardo.

Huguens, nato nel 1625, *e morto nel* 1695.

Alcuni autori hanno attribuito gli *elementi* di questo calcolo ad Huguens, che pubblicò, nel 1657, un eccellente trattato, intitolato: *De ratiociniis in ludo aleae*; ma Huguens av-

verte egli stesso, con una modestia degna di un uomo così grande, che questa materia era già stata discussa dai più grandi geometri della Francia, e ch' egli nulla pretende all' invenzione.

Fermat, nato nel 1590, *e morto nel* 1663.

Di fatti, rilevasi dalle lettere di Pascal e di Fermat, stampate nelle opere di quest' ultimo, che i principj del triangolo aritmetico erano diffusi in Francia, sino dall' anno 1654; sebbene le opere in cui Pascal gli spiega partitamente, non sieno comparse per mezzo della stampa, se non dopo la morte dell' autore.

Nel tempo che Pascal in Parigi esaminava a fondo la natura de' numeri figurati, Fermat dal canto suo ne scopriva in Tolosa molte belle proprietà, seguendo un altro metodo. Questi due uomini grandi s' incontravano sovente ne' risultati delle loro ricerche. Ben lungi che siffatta concorrenza alterasse l' amicizia, che la conformità di studj aveva fatta nascere trà loro, si rendevano scambievolmente giustizia, con un abbandono che la mediocrità non è al caso di conoscere.

La predilezione di Fermat per le ricerche numeriche si portò principalmente verso la teoria de' numeri primi, che non era per anche stata esaminata, e dove fece profonde scoperte. Si sa che qualunque numero non è che un rapporto coll'unità di numerazione; ma è sovente difficile di riconoscere se questo rapporto sia semplice, ovvero se sia prodotto dalla moltiplica di molti altri. Fermat stabilì alcuni caratteri generali e distintivi, atti a far discernere, in infinite occasioni, i numeri che hanno de' divisori, da quelli che non ne hanno. L'analisi di Diofanto esercitò pure il suo genio.

Meziriac, nato nel 1577, *e morto nel* 1638.

Bachet di Meziriac, editore e commentatore del geometra greco, aveva già risoluto molti nuovi problemi dipendenti dalla dottrina del suo autore: Fermat portò più oltre la stessa materia. Tutte queste ricerche sono state estese e perfezionate da grandi geometri moderni.

Wallis, nato nel 1616, e *morto nel* 1703.

Nel 1655, Wallis, matematico inglese, che ho già citato, pubblicò la sua *Aritmetica degli infiniti*: opera piena di genio, ed il cui oggetto, come quello del triangolo aritmetico, era di sommare diverse serie di numeri. Con questo metodo si quadrano le curve quando le ordinate sono espresse da un termine solo; si possono altresì quadrare le curve ad ordinate complesse, svolgendo queste ordinate in serie, ciascun termine delle quali sia un monomio. Parleremo in seguito della disputa ch' ebbe l'autore con Pascal intorno alla cicloide. Wallis era un profondo analista: a lui è dovuta la notazione de' radicali per mezzo degli esponenti frazionarj, e quella degli esponenti negativi. Cartesio aveva usato gli esponenti per le sole potenze intere e positive.

Il cammino della verità essendo continuamente ingombro di scogli, ove la debolezza dell' umano ingegno si rompe, non si saprebbero moltiplicare bastantemente i mezzi di evitarli, o di accostarsi allo scopo, quando non è possibile di raggiungerlo a rigore. Tale è il vantaggio che procura la teoria delle frazioni continue, quando una frazione irre-

ducibile è espressa da numeri troppo grandi, perchè si possa applicarla alla pratica sotto la sua forma immediata. Essa sostituisce ad un' espressione complicata un' espressione semplice, e presso a poco equivalente.

Brouncker, nato nel 1620, *e morto nel* 1684.

Questa teoria, della quale lord Brouncker aveva dato gli elementi, fu in seguito estesa, perfezionata ed applicata a diversi usi importanti, da Huguens e da altri celebri geometri.

Newton, nato nel 1642, *e morto nel* 1727.

Tutti questi rami particolari dell' analisi non facevano perdere di vista il problema della risoluzione generale delle equazioni. Newton, allora giovane, la cercò per lungo tempo: egli non la trovò; ma altronde distese considerabilmente i confini dell' algebra. Diede un metodo per risolvere, quando la cosa è possibile, un' equazione in fattori commensurabili: metodo che si estende a tutti i gradi, e la cui pratica è semplice quanto mai possa desiderarsi; egli sommò le potenze qualunque delle radici d'un' equazione, insegnò

l'arte di estrarre, quando si può, le radici dalle quantità in parte commensurabili, ed in parte incommensurabili; insegnò a formare delle serie infinite, per trovare in un modo prossimo le radici delle equazioni numeriche e letterali di tutti i gradi, ec. La maggior parte di queste ricerche sono state rischiarate e commentate nelle opere moderne.

CAPO II.

PROGRESSI DELLA GEOMETRIA.

Geometria pura.

Sino dal principio del secolo decimosesto l'antica geometria fu coltivata in Europa con rapido successo. Si presero per guide i geometri greci, molti de' quali furono tradotti in latino o in italiano. Lo studio delle lingue antiche, allora molto in voga, moltiplicava gli oggetti ed i mezzi d'istruzione.

Werner, nato nel 1468, *morto nel* 1528.

Si cita Werner come dotto geometra. Nel 1522, pubblicò in Norimberga alcuni

trattati concernenti quasi tutti la teoria delle sezioni coniche.

Tartaglia e Maurolico, de' quali abbiamo già parlato, si resero utili alla geometria, non solo come traduttori di parecchie opere antiche, ma ancora come autori. Il primo ha composto un trattato italiano: *De' numeri e misure*, nel quale trovasi, per la prima volta tra gli scritti moderni, la determinazione dell' area d' un triangolo per mezzo de' suoi tre lati, e senza il soccorso della perpendicolare abbassata da uno de' suoi angoli sul lato opposto. Il secondo ha scritto sopra molti argomenti: il suo trattato delle sezioni coniche è notabile per la chiarezza ed eleganza che vi regnano. La Hire non ha fatto in seguito che amplificare, ed applicare ai nuovi usi il metodo del geometra siciliano.

Nonio, nato nel 1492, *morto nel* 1577.

Non dobbiamo dimenticare Nonio, nato in Portogallo, autore di molte opere assai pregevoli, ed a cui è dovuta in particolare la suddivisione delle picciole parti d' un istrumento per mezzo di linee trasversali, che chiamasi *la Divisione di Nonio*.

Comandino, *nato nel* 1509, *morto nel* 1575.

Comandino era un uomo dottissimo nelle matematiche e nelle lingue antiche. Egli ha tradotto in latino Euclide, una gran parte delle opere d'Archimede, i trattati *del Planisfero* e dell'*Analemma* di Tolomeo, il libro d'Aristarco di Samo *sopra le grandezze e le distanze del sole e della luna*, le *Pneumatiche* di Jerone, la *Geodesia* del geometra arabo Mehemet di Bagdad, le *Collezioni matematiche* di Pappo, ec. Dappertutto Comandino mostra la più grande intelligenza delle materie; rischiara i luoghi difficili de' suoi autori con note precise, chiare ed istruttive: merito raro che colloca Comandino molto al disopra della comune de' traduttori e commentatori.

Ramo, *nato nel* 1502, *morto nel* 1572.

Il celebre Ramo non ha fatto scoperta alcuna nelle matematiche: i suoi elementi di *geometria* ed *aritmetica* sono mediocri; ma è altronde benemerito delle scienze per lo zelo che ebbe nel difenderle, e pel sagrificio che loro fece della sua quiete, della sua fortuna, ed anche della sua vita. Egli è noto che le

professava nel collegio di Francia, ove fondò una cattedra che sussiste ancora; che era della religione protestante, e fu massacrato, nell' orribile giornata di s. Bartolommeo, da uno de' suoi confratelli, per nome *Charpentier*, cattolico zelante.

Fernel, nato nel 1506, *e morto nel* 1558.

Fernel medico d' Enrico II, re di Francia, si è fatto un gran nome per diverse opere di medicina, e per alcuni trattati ed osservazioni di matematica. Si pretende che il favore di cui godeva alla corte, derivasse dall' avere insegnato il bel secreto di rendere feconda Caterina de Medici. Abbiamo di lui un libro di matematica pura, intitolato: *De proportionibus*, e due opere astronomiche, una intitolata *Monalospherion*, specie di analemma, e l' altra *Cosmòtheoria*. La sua maggiore celebrità, in questo genere di cognizioni, è fondata sopra la misura che egli il primo fra' moderni diede della grandezza della terra. Dal numero de' giri che faceva una ruota di carrozza sulla strada da Parigi ad Amiens, nel tempo che la stella polare si elevava d' un grado, rilevò che la lunghezza d' un grado del meridiano era di 56746 tese di Parigi: risultato

assai prossimo al vero; ma ognuno comprende che tale esattezza non può essere attribuita che all' azzardo.

Sarebbe cosa inutile del pari che noiosa il citare qui una moltitudine di geometri che scrissero in quel tempo opere molto pregevoli, ma poco profonde, e presentemente quasi all' in tutto dimenticate. Nominerò tuttavia due matematici tedeschi, Pietro Mezio, Adriano romano, ed un matematico olandese Ludolfo Van-Ceulen; tutti tre autori di diversi metodi per determinare in un modo molto più prossimo, e non ancora tentato, il rapporto della circonferenza del cerchio al diametro. Pietro Mezio fece il riflesso, assai degno d'attenzione e della nostra riconoscenza, che rappresentando il diametro con 113, la circonferenza è espressa da 355: risultato che si accosta singolarmente al vero, considerato il piccol numero di cifre dalle quali è rappresentato.

Snellio, nato nel 1591, *morto nel* 1626.

Non tralascerò neppure il celebre Snellio, altro celebre matematico olandese, che si acquistò in seguito una somma riputazione per le sue ricerche sopra le rifrazioni, e che

cominciò sino dall' età di diciassette anni a scrivere opere di geometria, nelle quali trovasi, tra le altre cose curiose, una nuova determinazione del rapporto della circonferenza del cerchio al diametro.

Geometria mista.

La opere di Regiomontano, di Tartaglia e di Bombelli contengono alcuni problemi di geometria risoluti per mezzo dell' algebra. Ma queste soluzioni isolate, e nelle quali si adoperavano, in ciascun caso particolare, semplici numeri per esprimere le linee cognite, non erano fondate sopra un metodo regolare e generale di applicare l' algebra alla geometria. Vieta è il primo che abbia dato questo metodo. Il vicendevole soccorso che si prestano queste due scienze, fu pel nostro autore la sorgente di molte importanti scoperte. Egli osservò, per esempio, che qualunque equazione del terzo grado, contenendo in generale, o una sola radice reale e due immaginarie, o tre radici reali: la radice reale, nel primo caso, si trovava colla duplicazione del cubo; e le tre radici reali, nel secondo, colla trisezione dell' angolo. Non dobbiamo però dimenticarci ch' egli non aveva che un' idea

confusa delle radici negative, e che Cartesio cominciò a farle conoscere distintamente.

Gli elementi della dottrina *delle sezioni angolari* sono ancora un' invenzione di Vieta. Si sa che l' oggetto di questa teoria è di trovare le espressioni generali delle corde o dei seni, per una serie d' archi moltiplici gli uni degli altri; e reciprocamente, le espressioni degli archi, quando si conoscono le corde o i seni: essa ha ricevuto degli accrescimenti nelle mani di Ermanno, Giacomo Bernoulli ed Eulero.

Alcuni autori hanno stampato, altri hanno ripetuto, e si ripete sempre nella conversazione, che Cartesio è l' inventore dell' applicazione dell' algebra alla geometria. Questa asserzione non è esatta. Si accorda a Cartesio più di ciò che deve pretendere, e troppo si dimenticano i dritti de' suoi predecessori, ed in particolare quelli di Vieta. L' errore è certamente perdonabile, quando si considera l' uso sì felice, sì originale e sì esteso che fece Cartesio di questa scoperta; ma finalmente la giustizia rigorosa deve prevalere e ristabilire la verità. Cartesio vi perderà poco: egli avrà primieramente la gloria d' avere il primo risoluto completamente per questa via il seguente problema generale, che gli

antichi geometri, Euclide, Apollonio e Pappo si erano proposto, e di cui avevano soltanto abbozzata la soluzione: *avendo un numero qualunque di linee rette date di posizione sopra un piano, trovare un punto dal quale si possano tirare altrettante altre linee rette, una sopra ciascuna delle date, con questa condizione che il prodotto di due linee così tirate abbia un dato rapporto col quadrato della terza, se vi sono tre linee sole; ovvero col prodotto delle due altre, se ve ne sono quattro: ovvero se ve ne sono cinque, che il prodotto di tre abbia il dato rapporto col prodotto delle due linee rimanenti e d' una terza linea data; ovvero se ve ne sono sei, ec.* Cartesio cominciò ad osservare che la questione così proposta è indeterminata, e che esiste un' infinità di punti da cui si possono condurre le linee ricercate; egli concepì che questi punti potevano riguardarsi come situati su la curva che descrive uno stile che si facesse muovere sopra un piano, secondo le condizioni del problema; egli espresse questa condizione con un' equazione tra le quantità *date*, e due linee variabili; di modo che supposta data ad arbitrio una di queste linee, l' altra si ricavava dall' equazione; il che faceva conoscere in ogni istante la posizione del punto descrivente. Ben pre-

sto, con un nuovo sforzo di genio del quale non divide l'onore con alcuno, si sollevò al metodo generale di rappresentare la natura delle linee curve per mezzo di equazioni, e distribuirle in diverse classi, in ragione dei diversi gradi di queste equazioni: campo vasto e fecondo che Cartesio ha aperto alla sagacità di tutti i geometri. Laonde, essendo data la legge secondo la quale una curva deve essere descritta, si segue il suo corso nello spazio; si determinano le sue tangenti, le normali, i suoi rami finiti o infiniti, i punti di flesso o regresso, ed in generale tutte le affezioni che la caratterizzano. Questo metodo riunisce sotto il medesimo punto di vista la semplicità e la generalità. Così, per esempio, la medesima equazione del secondo grado tra l'ascissa e l'ordinata combinate con quantità costanti, può in generale rappresentare la natura delle tre sezioni coniche; in seguito i valori ed i rapporti delle quantità costanti ristringono l'equazione ad esprimere, ne' casi particolari, la parabola, l'ellissi o l'iperbola.

Si deve ancora a Cartesio la maniera di considerare e costruire le curve a doppia curvatura, con proiettarle sopra due piani perpendicolari tra loro, su i quali esse for-

mano delle curve ordinarie che hanno un' ascissa ed ordinata comune.

Di tutti i problemi ch' egli risolvette nella sua geometria, nessuno gli recò tanto piacere, come dice egli medesimo, quanto il suo metodo per condurre le tangenti alle linee curve, per le quali bisogna però intendere le sole curve geometriche. Questo metodo dà le tangenti per mezzo delle perpendicolari ai punti di contatto. L' autore finge che da un punto qualunque preso su l' asse della curva, si descriva un cerchio che taglia la curva almeno in due punti: cerca l' equazione che esprime i luoghi delle intersezioni; indi suppone che il raggio del cerchio diminuisca finchè due intersezioni vicine vengono a coincidere: allora i due raggi corrispondenti ne formano uno solo che è perpendicolare alla curva; e la questione è ridotta a formare, dietro questi elementi, un' equazione che contenga due radici eguali. In seguito Cartesio propose un altro metodo per le tangenti: egli prende qui fuori della curva, e sul prolungamento del suo asse, un punto intorno al quale fa girare una linea retta che taglia la curva almeno in due punti; fa coincidere i due punti d' intersezione, con assoggettare, come prima, l' equazione delle in-

tersezioni a contenere due radici eguali. Si rileva che i due metodi sono fondati sul medesimo principio; essi sono entrambi assai ingegnosi, benchè molto meno semplici e meno diretti di quello del calcolo differenziale. La geometria di Cartesio comparve nel 1637.

Prima di quest'epoca, Fermat aveva trovato il suo metodo per determinare i *massimi* e *minimi*, nelle quantità che crescono dapprima, indi diminuiscono, o che cominciano a diminuire, poi vengono ad aumentare. Esso s'appoggia sopra questa riflessione, che di qua e di là dal punto di *massimo* e di *minimo* vi sono due grandezze eguali. Fermat cerca le espressioni di due grandezze distanti d'un intervallo arbitrario, le uguaglia tra loro, e supponendo in seguito che l'intervallo proposto divenga infinitamente piccolo, o più piccolo di qualunque quantità finita assegnabile, egli ottiene un'equazione che dà il *massimo* o *minimo*. Questo medesimo mezzo serve a determinare le tangenti delle curve geometriche, considerando da principio la tangente come una secante, indi facendo svanire la porzione di ascissa, compresa tra le due ordinate che corrispondono ai due punti d'intersezione. Il calcolo diffe-

renziale si appoggia su la medesima base; tuttavia Fermat non può chiamarsi l'inventore di questo calcolo: il suo metodo non è ridotto in algoritmo: esso è soltanto un' indicazione generale de' calcoli che bisogna fare in ciascun caso particolare; non si applica che alle curve geometriche, ed in questo caso pure è necessario che si facciano sparire le quantità radicali che le equazioni possono contenere; il che conduce sovente a calcoli intrattabili, o per la loro lunghezza, o per la difficoltà di riconoscere la radice che conviene al problema.

Riferiamo alla geometria mista molte opere che comparvero nel secolo decimosettimo, avanti l'origine de' calcoli differenziale ed integrale: non già che i metodi che in essi si adoperano sieno tutti fondati sul calcolo algebrico, ma perchè sono sempre almeno diretti dallo spirito di questo calcolo.

Cavalieri, nato nel 1598, *e morto nel* 1647.

Una delle più originali è la *Geometria degli indivisibili* di Cavalieri; che venne alla luce nel 1635. Il metodo degli antichi per determinare le superficie e solidità de' corpi, era rigorosissimo, ma aveva l'inconveniente di

esigere molte digressioni: bisognava inscrivere e circoscrivere de' poligoni ad una figura, formare de' solidi inscritti e circoscritti ad un solido; indi cercare il limite del rapporto tra l'ultimo poligono inscritto, e l'ultimo poligono circoscritto, o il limite del rapporto tra l'ultimo solido inscritto e l'ultimo solido circoscritto. Cavalieri va più direttamente allo scopo: egli riguarda le superficie piane come formate da somme infinite di linee, i solidi come formati da somme infinite di piani; e prende per principio che i rapporti di queste somme infinite di linee, o piani, comparativamente all' unità di numerazione in ciascun caso, sono i medesimi di quelli delle superficie o dei solidi che si dovevano misurare. L'opera di Cavalieri è divisa in sette libri: ne' sei primi, l'autore applica la sua nuova teoria alla quadratura delle sezioni coniche, alla cubatura de' loro solidi di rivoluzione, e ad altre questioni di simil natura sopra le spirali; il settimo è impiegato nel dimostrare le medesime cose per mezzo di principj indipendenti dagli indivisibili, e nello stabilire per la conformità de' risultati la perfetta esattezza del nuovo metodo.

Dal canto loro, i geometri francesi risolvevano problemi simili, ma d'una difficoltà maggiore. Fermat, per esempio, Roberval

e Cartesio quadrarono le parabole degli ordini superiori, determinarono i solidi ed i centri di gravità de' solidi formati da tutte queste curve, girando intorno all' ascissa o all' ordinata, il che compiva la teoria che aveva data Archimede per la parabola ordinaria.

Roberval, nato nel 1602, *e morto nel* 1675.

Il metodo di Roberval era fondato come quello di Cavalieri, sul principio degli indivisibili, ma presentato sotto un punto di vista più conforme al rigore geometrico, in quanto che Roberval considerava i piani, o solidi, come aventi per elementi de' rettangoli di altezze infinitamente piccole, o delle sezioni di grossezze infinitamente piccole, e non già semplici linee, e semplici piani. Egli è provato ch' egli usava questo mezzo sino dall' anno 1634, e che per conseguenza non ha nulla preso ad imprestito dal Cavalieri.

Verso il medesimo tempo, Roberval applicò i suoi metodi alla cicloide, curva divenuta celebre per le sue proprietà moltiplici e singolari; egli determinò l' area di questa curva, ed i solidi che genera rivolgendosi intorno alla base o all' asse; trovò pure il centro di gravità dell' area della curva mede-

sima, e quelli delle sue parti situate dalle due parti dell'asse. Questi nuovi problemi essendo stati proposti a Fermat e a Cartesio, furono da essi egualmente risoluti. Eglino appresero inoltre a condurre le tangenti della cicloide, che essendo una curva meccanica richiedeva metodi diversi da quelli ch'essi possedevano prima per condurre le tangenti delle curve geometriche. Roberval si era fatto un metodo generale per le tangenti, il quale si applicava indistintamente alle curve geometriche o meccaniche, e quindi trovò dal canto suo le tangenti della cicloide. Questo metodo merita d'essere notato per l'analogia che ha in quanto al principio metafisico, con quello delle *flussioni* che Newton diede molto tempo dopo. Una curva essendo supposta descritta dal moto d'un punto, Roberval riguarda questo punto come animato in ogni istante da due velocità date dalla natura della curva; costruisce un parallelogrammo, i cui lati sono proporzionali a queste velocità, e prende per principio che la direzione dell'elemento, o della tangente, debba cadere sulla diagonale: di modo che conoscendo la posizione di questa diagonale, si ha quella della tangente. Così, per esempio, nell'ellisse, dove la somma delle due li-

nee condotte dai due fuochi al punto medesimo della curva, è sempre la stessa, se una di queste linee viene a diminuire d' una certa quantità, l'altra aumenterà della quantità medesima: allora il parallelogrammo diventa un rombo, e per conseguenza la tangente deve dividere in due parti eguali l' angolo formato dai prolungamenti delle due linee proposte. Ma il metodo non si applica colla medesima facilità a tutti gli esempj: esso diventa altresì sovente impraticabile per la difficoltà di determinare le due velocità del punto descrivente; laddove nel metodo delle flussioni, il principio metafisico essendo ridotto ad un algoritmo di calcolo, sciolto da tutte le operazioni superflue, la medesima formola generale fa trovare, senza la menoma difficoltà, le tangenti a tutte le curve di cui è data l'equazione.

Torricelli nato nel 1608, *morto nel* 1647.

Ad un gran talento per la geometria Roberval accoppiava sventuratamente un carattere vano e rissoso. Egli fu in una continua guerra con Cartesio ed altri geometri francesi, ed assai sovente aveva il torto. Egli offese mortalmente Torricelli, a proposito dei problemi della cicloide. Questo illustre geo-

metra italiano avendo fato stampare, come di propria invenzione, alcune soluzioni di questi problemi, nel 1644, Roberval li rivendicò, sostenendo che esse in sostanza erano le medesime delle sue, che da un certo Beaugrand erano state comunicate a Galileo, dal quale erano passate, dopo la sua morte, nelle mani di Torricelli, suo discepolo ed erede delle sue carte. Torricelli concepì tal rammarico per questa accusa di plagio, che morì nel fiore della sua età. Seguendo attentamente le dimostrazioni di Torricelli, ognuno rimane convinto ch' esse gli appartengono, e che verosimilmente non aveva letto le pretese copie delle soluzioni di Roberval, mandate a Galileo, nè l'*armonia universale* del p. Mersenne, pubblicata nel 1637, dove queste medesime soluzioni sono stampate.

Gregorio di s. Vincenzo, nato nel 1584, *e morto nel* 1667.

Il gesuita Gregorio di s. Vincenzo, geometra de' Paesi-bassi, acquistò riputazione nelle matematiche con un' opera in cui cercava la quadratura del cerchio, che non trovò, ma altronde ripiena di teorie esatte e profonde sopra la misura delle onghie di va-

rj corpi formati dalla rivoluzione delle sezioni coniche.

Merita d' esser qui citato Erigone, non già come un matematico del prim' ordine, ma per avere raccolto in un corso di matematica, latino e francese, molto diffuso ed assai utile, tutte le parti di queste scienze, nello stato in cui si trovavano al suo tempo. Oltre le cognizioni generali dell' aritmetica, algebra, geometria, meccanica, astronomia, geografia, ec. Erigone ha compreso nella sua collezione molte opere degli antichi geometri, come gli elementi d' Euclide, i suoi *dati*, la sua Ottica e Catottrica, la geometria delle *tazioni* di Apollonio, gli *sferici* di Teodosio, ec. chiara e rigorosa. Anno 1644

Beaune, nato nel 1601, *e morto nel* 1651.

Il celebre *metodo inverso delle tangenti* ebbe origine nell' occasione d' un problema che Beaune propose al suo amico Cartesio: si trattava di *trovare una curva tale che l' ordinata stasse alla sottangente, come una linea data sta alla parte dell' ordinata, compresa tra la curva ed una linea inclinata, sotto un angolo dato*. Cartesio indicò la costruzione e molte proprietà della curva; ma non potè ter-

minare la soluzione riservata all'analisi infinitesimale.

Nel tempo in cui Roberval ed alcuni altri geometri francesi si sforzavano di screditare la geometria di Cartesio, essa trovava ne' paesi stranieri una moltitudine d' ammiratori del maggior merito. Tale fu principalmente Schooten, professore di matematica a Leiden, che la sviluppò ed amplificò in un eccellente commentario pubblicato la prima volta nel 1649, e ristampato in seguito con aggiunte notabili. Egli si era già distinto sino dall' anno 1646 con un' opera intitolata: *Exercitationes geometriae*.

In Inghilterra, la geometria acquistava nuove ricchezze d' un altro genere. Wallis risolvette, colla sua *Aritmetica degl' infiniti*, un gran numero di bei problemi concernenti le quadrature delle curve, la cubatura de' solidi, la determinazione de' centri di gravità, ec.

Allorchè si quadrarono le parabole di tutti gli ordini, si doveva naturalmente pensare a determinare le loro curvature, o in generale a trovare una linea retta che fosse eguale in lunghezza al perimetro d' una data curva. Questo nuovo problema era allora della massima difficoltà. Sino dall' anno 1657, Huguens

per mezzo di lettere diede alcune aperture per risolverlo. Il suo concittadino Van-Heuraet ridusse la questione a costruzioni geometriche un poco imbarazzanti, ma che alla fine lo condussero ad una bellissima scoperta: egli trovò che la seconda parabola cubica, in cui i quadrati delle ordinate sono come i cubi delle ascisse, è uguale ad una linea retta da lui assegnata. Questa scoperta fu pubblicata nel 1659, al seguito d'una seconda edizione del commentario di Schooten sopra la geometria di Cartesio. Le altre parabole non sono algebricamente rettificabili, ma si possono almeno misurare con metodi d'approssimazione, adoperando le serie, o le quadrature di certi spazj curvilinei, facili a calcolarsi: per esempio, la rettificazione della parabola ordinaria dipende dalla quadratura dell'iperbola o de' logaritmi. Huguens, nelle dimostrazioni geometriche del suo *Horologium oscillatorium*, che comparvero la prima volta nel 1673, rettifica delle curve, quadra delle superficie, o riduce le loro espressioni ad altre più semplici, con una sagacità ed eleganza che gli amatori della vera geometria, della geometria lineare, non si saziano di ammirare.

Si crede ordinariamente, dietro l'asserzione di Wallis nel suo trattato *de Cissoide*, che Guglielmo Neil, suo discepolo, sia il primo che abbia rettificata la seconda parabola cubica. Huguens (1) sostiene al contrario che il teorema di Van-Heuraet fosse diffuso tra i geometri, prima che gli Inglesi si fossero occupati della medesima questione. Siccome i metodi sono differenti, così potrebbe essere che Van-Heuraet e Neil fossero giunti al medesimo risultato, senza aver nulla preso l'uno dall' altro. Nel rimanente, tutti questi problemi non sono più altro che giuochi, dopo l'invenzione dell' analisi infinitesimale.

Problema di Pascal sopra la cicloide.

La cicloide cominciava ad essere un po' dimenticata da' geometri, quando nel 1658 Pascal la ricondusse su la scena, proponendo sopra questa curva nuovi problemi, ed impegnandosi a dare de' premj a quelli che li risolvessero. Avevano i geometri determinato l'area totale della cicloide, il centro di

(1) *Hug. op. tom.* 1, *pag.* 101.

gravità di quest' area, i solidi ed i centri di gravità de' solidi che descrive la curva girando intorno alla sua base, o al diametro del cerchio generatore: Pascal domandò, cosa che era allora molto più difficile, delle misure indefinite, cioè a dire, l'area d'un segmento qualunque di cicloide, il centro di gravità di questo segmento, i solidi ed i centri di gravità de' solidi, che descrive questo segmento rivolgendosi intorno all' ordinata, o intorno all' ascissa, sia che faccia un' intera rivoluzione, o una semi-rivoluzione, o un quarto di rivoluzione.

Sluze, nato nel 1623, *e morto nel* 1685.
Wrenn, nato nel 1632,
e morto nel 1723.

Huguens quadrò il segmento compreso dal vertice sino al quarto del diametro del cerchio generatore; Sluze misurò l'area della curva con un metodo elegantissimo. Il celebre architetto inglese Wrenn, che ha fabbricato s. Paolo di Londra, determinò la lunghezza ed il centro di gravità dell' arco cicloidale compreso dal vertice sino all' ordinata, e le superficie de' solidi di rivoluzione che quest' arco produce; Fermat e Roberval,

sul semplice enunziato de' teoremi del geometra inglese, ne trovarono le dimostrazioni. Ma tutte queste ricerche, sebbene bellissime e profondissime, non corrispondevano, almeno interamente, alle questioni del programma. Quindi non furono mandate al concorso. Wallis ed il p. Lallouère gesuita, furono i soli che avendo trattato tutti i problemi proposti, si credettero in diritto di pretendere il premio; ma Pascal dimostrò ad entrambi che si erano in molti punti ingannati, ed avevano dato falsi risultati, fondati sopra errori, non di calcoli, ma di metodi. Egli solo diede, nel 1659, la vera e completa soluzione de' problemi proposti, come di molti altri ancor più difficili. In tutte queste ricerche non si trattava che della cicloide ordinaria. Pascal determinò inoltre le dimensioni di tutte le cicloidi allungate o accorciate. Fece vedere che la lunghezza di queste curve dipende dalla rettificazione dell' ellisse, ed assegnò gli assi dell' elisse per ciascun caso: allorchè uno di questi assi diventa nullo, l'ellissi si cangia in una semplice linea retta, la curva diventa la cicloide ordinaria, e Pascal dal suo metodo concluse che allora l'arco cicloidale è doppio della corda corrispondente del cerchio generatore, il che com-

prende il teorema di Wrenn come caso particolare. Trasse ancora dal suo metodo un altro teorema notabilissimo, cioè a dire, che se due cicloidi, l'una allungata, l'altra accorciata, sono tali che la base di una sia eguale alla circonferenza del cerchio generatore dell'altra, queste due cicloidi hanno lunghezze eguali. In tutte le invenzioni di Pascal nelle matematiche, si riconosce uno de' più possenti genj che abbia portato la terra per l'avanzamento delle scienze. I geometri si dolgono ch' egli non abbia loro consacrato tutto il tempo della breve sua vita, ma in tal caso si sarebbero perdute quelle famose *Lettere provinciali*, e que' *Pensieri* profondi, che sono per avventura il capo d'opera dell'eloquenza francese.

Barrow, nato nel 1630, *e morto nel* 1677.

Barrow ebbe un'idea felice, e che può riguardarsi come un nuovo incamminamento verso l'analisi infinitesimale, col formare il suo *triangolo differenziale* per condurre le tangenti alle linee curve. Si sa che questo triangolo ha per lati l'elemento della curva e quelli dell'ascissa e dell'ordinata. Il metodo di Barrow altro non è in sostanza che quello

di Fermat, semplificato ed abbreviato, in quanto che Barrow tratta immediatamente i tre lati come quantità infinitamente piccole, e risparmia quindi alcune lunghezze di calcolo; ma esso non porta ancora i caratteri essenziali del calcolo differenziale, cioè a dire, un algoritmo uniforme per tutti i casi, ed il vantaggio di dare colla medesima formola generale le tangenti di qualsivoglia specie di curve geometriche o meccaniche. Laonde Barrow è rimasto al problema delle tangenti, limitato altresì al solo caso in cui le equazioni sono algebriche e razionali, mentre il calcolo differenziale si applica ad un' infinità di altri usi.

Gli antichi davano un gran valore alla semplicità ed eleganza delle costruzioni nei problemi geometrici: Sluze, loro imitatore a questo riguardo, portò al più alto grado di perfezione, l'uso de' luoghi geometrici per la risoluzione delle equazioni.

Teoria delle evolute, inventata da Huguens.

Una delle più grandi scoperte fatte dalla moderna geometria, è la *Teoria delle evolute*, inventata da Huguens: essa trovasi nel suo *Horologium oscillatorium* di sopra citato. Data

una curva, Hugnens ne forma un' altra, conducendo alla prima una serie di linee rette perpendicolari, che toccano la seconda: ovvero, reciprocamente data la seconda curva, costruisce la prima. Da questa idea generale, dedusse una moltitudine di proposizioni notabili, come sono diversi teoremi sopra le rettificazioni delle curve, la proprietà singolare che ha la cicloide di produrre, nello svilupparsi, una cicloide eguale e simile, posta in una situazione rovesciata, ec. Gli usi di questa medesima teoria, in tutte le parti delle matematiche, sono innumerabili. Apollonio ne aveva data una nozione generale; ma essa era rimasta sterile; ed Huguens, che non contento di aprire questo campo, gli ha egli medesimo fatto produrre un' ampia messe, avrà sempre la gloria di averne tramandato il possesso ai geometri.

Gli Inglesi continuavano ad arricchire la geometria di novità allora molto interessanti. Brouncker diede una serie infinita per rappresentare l'area dell' iperbola; Nicolò Mercatore giunse dal canto suo alla medesima scoperta. Wallis aveva da lungo tempo insegnato a quadrare le curve, le cui ordinate sono de' monomj; il suo metodo si applicava parimente alle curve che hanno per ordinate

delle quantità complesse elevate a potenze intere e positive, facendo lo sviluppo di queste potenze, con gli ordinarj principj della moltiplica. Egli volle altresì estendere questa teoria alle curve che hanno delle ordinate complesse e radicali, cercando di frapporre per questo caso delle nuove serie alle serie della prima specie; ma non vi potè riuscire. Newton superò la difficoltà; fece di più: risolvette il problema in un modo diretto e molto più semplice, per mezzo della formola che trovò per isvolgere, in una serie infinita, una potenza, qualunque sia l'esponente della potenza, intero o rotto, positivo o negativo. La serie infinita, che quindi risulta per la quadratura del cerchio, fu trovata in un' altra maniera da Giacomo Gregori. Questo stesso geometra formò molte altre serie curiosissime. In un' opera rimasta manoscritta, ma di cui si è conservato il compendio, egli dava la tangente e la secante per l'arco, e reciprocamente l'arco per tangente o secante; formava delle serie per trovare immediatamente il logaritmo della tangente o della secante, quando l'arco è dato; e reciprocamente il logaritmo dell' arco per quello della tangente o secante: finalmente applicava que-

sta teoria delle serie alla rettificazione dell' ellisse e dell' iperbola.

L' uso delle serie nella geometria fece altresì de' progressi in Germania. Leibnizio diede un metodo per trasformare una superficie curvilinea in un' altra, le cui parti supposte eguali a quelle della prima avessero altronde tale figura e posizione, che si potessero applicare alla quadratura di quest' ultima curva i metodi di Mercatore e Wallis.

CAPO III.

PROGRESSI DELLA MECCANICA.

Statica.

Stevino, nato nel ..... e morto nel 1635.

In questo periodo, come ne' due precedenti si sono inventate molte macchine ingegnosissime; ma la teoria della meccanica è sempre rimasta in uno stato di ristagnamento fino al secolo decimosesto. Stevino, matematico fiammingo, sembra essere stato il primo che abbia fatto conoscere direttamente, e senza il soccorso della leva, le leggi dell' equilibrio d' un corpo posto sopra un

piano inclinato. Egli ha esaminato col medesimo successo molte altre questioni di statica. Il modo, con cui determina le condizioni dell' equilibrio tra più forze che concorrono al medesimo punto, si riduce, in quanto alla sostanza, al famoso principio del parallelogrammo delle forze; ma egli non ne comprese tutta la fecondità e tutti i vantaggi.

Galileo, nato nel 1564, e morto nel 1642.

Nel 1592, Galileo compose un piccolo trattato di Statica, che ridusse a questo unico principio: vi vuole la medesima quantità di forza per alzare due pezzi differenti ad altezze che loro sieno reciprocamente proporzionali, cioè a dire, per esempio, che vi vuole la medesima forza tanto per alzare un peso di due libbre all' altezza d'un piede, quanto per alzare il peso d' una libbra all' altezza di due piedi. Laonde era facile il concludere che in tutte le macchine in equilibrio, le potenze che si contrastano, sono reciprocamente proporzionali agli spazj che tendono a percorrere nel medesimo tempo. Dunque la questione si riduce unicamente a ben determinare questi spazj secondo la disposizione ed il giuoco de' pezzi della macchina. Così per esempio, nella vite ordi-

naria, dove il peso s'innalza dall' altezza del passo della vite, mentre la potenza descrive nel senso orizzontale una circonferenza di cerchio, il peso sta alla potenza come questa circonferenza all' altezza del passo della vite. Lungo tempo dopo, Cartesio adoperò questo medesimo principio per determinare l' eqnilibrio di tutte le macchine, in un' opuscolo intitolato: *Spiegazione delle macchine ed ingegni*. Egli avrebbe dovuto citare Galileo.

Non entra nel mio piano il riferire le applicazioni pratiche che si sono fatte dei principj della meccanica. Tuttavia non posso a meno di qui notare di passaggio che quel Claudio Perrault, tanto screditato da Despréaux, che non era in istato di apprezzarlo, mostrò molto genio, e non poche cognizioni matematiche e fisiche, nelle macchine che inventò per innalzare le enormi pietre che formano il frontispizio della colonnata del Louvre. Se ne vegga la descrizione nel suo commentario sopra il capo XVIII del libro X di Vitruvio.

Progressi della meccanica del moto. Legge dell' accelerazione dei gravi, scoperta da Galileo.

La teoria generale del moto, di cui gli antichi non avevano conosciuto che il caso particolare del moto uniforme, prese la sua origine nelle mani di Galileo. Egli trovò la legge dell' accelerazione de' corpi che cadono liberamente per la gravità, o che sdrucciolano sopra piani inclinati; e stabilì a questo proposito le proprietà generali del moto uniformemente accelerato. La conformità della sua teoria co' fenomeni della natura è uno de' passi più grandi che la fisica moderna abbia fatti: essa ha formato il primo gradino del sistema della gravitazione universale.

Vedendo a cadere una pietra, ognuno poteva giudicare che il suo moto si accelera, e diventa tanto più rapido, quanto più cade dall' alto, poichè la pietra, la cui massa rimane costante, dà un colpo tanto più forte, quanto è più grande l' altezza della caduta. Ma qual' è la proporzione secondo la quale si fa questa accelerazione? Ecco il nuovo problema che risolvette Galileo: egli vi giunse con una di quelle considerazioni semplici che

possono entrare in tutte le menti, ma che diventano feconde soltanto nelle menti degli uomini di genio.

Siccome tutti i corpi sono pesanti, dice Galileo, e in qualsivoglia numero di parti venga divisa una massa qualunque, una verga d'oro, un pezzo di marmo, tutte queste parti sono elleno stesse piccoli corpi pesanti, così ne segue che il peso totale della massa è proporzionale al numero degli atomi materiali onde essa è composta. Ora la gravità essendo in questa gnisa una forza sempre costante in quautità, e la sna azione non soffrendo mai interruzione, essa deve in conseguenza dare incessantemente de' colpi eguali ad un corpo, in ciascuno degli istanti eguali e successivi del tempo. Se il corpo è ritenuto da qualche ostacolo, se per esempio, è posto sopra una tavola orizzontale, i colpi della gravità, continuamente rinnovati, sono sempre distrntti dalla resistenza della tavola; ma se il corpo cade liberamente, questi colpi si accumulano senza interruzione, e rimangono nel corpo senza alterazione, prescindendo dalla resistenza dell' aria: laonde risulta che allora il movimento deve accelerarsi per gradi eguali. L'esperienza ha pienamente confermato questo solido ragionamento.

Fortunatamente Galileo portò nella presente questione uno spirito libero da qualunque pregiudizio e da qualunque opinione sistematica sopra la cansa della gravità; perciocchè s'egli avesse, per esempio, creduto, come alcuni filosofi di lui successori, che i colpi della gravità sono prodotti dall' impulso d'una materia sottile ambiente, egli non avrebbe colto nel vero, non essendo i colpi, di cui trattasi, proporzionali alle masse de' corpi cadenti, e andando sempre diminuendosi a misura che la velocità si aumenta.

Tra i dotti che i primi adottarono e commentarono la teoria di Galileo su la caduta de' gravi, si deve distinguere il suo discepolo Torricelli, che pubblicò a questo proposito, nel 1644, un' opera elegantissima intitolata: *De Motu gravium naturaliter accelerato*. Egli aggiunse molte proposizioni assai curiose a quelle che aveva date Galileo sopra il moto de' proiettili.

Huguens considerò il moto de' corpi gravi sopra alcune curve date. Dimostrò in generale che la velocità d' un corpo grave che discende lungo una curva qualunque, è la stessa ad ogni istante nella direzione della tangente, di quella che avrebbe acquistata cadendo liberamente da un' altezza eguale

all' ascissa verticale corrispondente. Applicando in seguito questo principio ad una cicloide rovesciata, il cui asse è verticale, trovò che un corpo pesante, che parte da qualsivoglia luogo dell' arco cicloidale, arriva sempre nel medesimo tempo al punto più basso, o all' estremità inferiore dell' arco. Questa notabilissima proposizione rinchiude ciò che chiamasi ordinariamente il *tautocronismo* della cicloide: essa sola sarebbe bastata per fare la fortuna d' un geometra.

Leggi della comunicazione del moto.

Dal moto d' un corpo isolato, si passò all' esame de' movimenti che più corpi si comunicavano nell' agire gli uni sopra gli altri, o colla percossa, o coll' interposizione di leve, di corde, ec. Il più semplice di questi problemi era quello d'un corpo che va a percuoterne un altro in quiete, o che fugge innanzi ad esso con minore velocità, o che gli viene incontro. Cartesio, ingannato da' suoi principj metafisici, che lo avevano condotto a supporre che nel mondo esiste sempre la medesima quantità assoluta di moto, concluse che la somma de' movimenti dopo l' urto era uguale alla somma de' movimenti avanti l'urto.

Ma la proposizione non è vera che per i primi due casi: essa è falsa quando i due corpi si vengono incontro l'uno all'altro; poichè allora la somma de' movimenti dopo l'urto è uguale, non già alla somma, ma alla differenza de' movimenti avanti l'urto. Laonde Cartesio ha incontrata la verità soltanto in parte. Nel 1661, Huguens, Wallis e Wrenn scoprirono ciascuno dal canto loro, e senza essersi nulla comunicato (giacchè se ne hanno prove ben fondate) le vere leggi della percossa de' corpi. La base delle loro soluzioni si è che nell'urto scambievole di più corpi la quantità assoluta del moto del centro di gravità dopo l'urto è la stessa di quella avanti l'urto. Inoltre, quando i corpi sono elastici, la velocità rispettiva dopo l'urto è la stessa che avanti l'urto.

Anno 1635

Due altri problemi famosi e più difficili, concernenti la comunicazione del moto, proposti dal p. Mersenne, esercitarono lungo tempo i geometri: uno consisteva nel determinare il centro d'oscillazione d'un pendolo composto, e l'altro, nel trovare il centro di percossa d'un corpo o sistema di corpi che si rivolge intorno ad un asse fisso.

Problema de' centri d' oscillazione .

Nel primo, si suppone che più corpi pesanti collegati tra loro, a distanze invariabili, con verghe considerate come non gravi, oscillino intorno ad un asse fisso orizzontale: allora tutti questi corpi si disturbano gli uni gli altri ne' loro movimenti, e non prendono più le medesime velocità, come se ciascuno di essi oscillasse separatamente; i corpi più vicini all' asse perdono una parte de' loro movimenti naturali, e la trasmettono ai corpi più lontani. Quindi vi è equilibrio tra i moti perduti ed i moti guadagnati. In qualunque modo si stabilisca quest' equilibrio, esiste nel sistema un punto tale, che applicandovi un piccol corpo isolato, esso oscillerebbe nel medesimo tempo del pendolo composto.

Problema de' centri di percossa .

La proprietà del centro di percossa è d'un' altra natura. Ciò che caratterizza questo punto, si è che deve trovarsi sopra la direzione della risultante di tutti i movimenti dei corpi d' un sistema che si rivolge intorno ad un asse fisso, ed occupare in questo sistema

un luogo analogo a quello che occupa il centro di gravità in un corpo pesante. Ho detto *d'un' altra natura*; perciocchè sebbene sia dimostrato che il centro d' oscillazione ed il centro di percossa sono situati nel medesimo punto del sistema, e che i due problemi si risolvano coi medesimi principj di meccanica, nondimeno l' applicazione di questi principj è più semplice e più agevole nel secondo caso che nel primo, e le due questioni sono differenti.

Cartesio e Roberval, persuasi ch' esse fossero le medesime, e trovando maggior facilità a considerarle sotto il secondo punto di vista che sotto il primo, determinarono il punto cercato con esattezza in alcuni casi particolari; ma s' ingannarono in parecchi altri. I loro metodi, fondati altronde sopra supposizioni vaghe ed incerte, erano molto precarj ed insufficienti.

Huguens risolve in generale il problema de' centri d' oscillazione .

Horologium oscillatorium *an.* 1673.

Huguens è il primo che abbia risoluto, in un modo generale e completo, il più importante di questi problemi, quello de' centri d' oscillazione . Egli prese per principio, che se, dopo essere il centro di gravità d' un pendolo composto diseeso al punto più basso, tutti i corpi vengono a distaccarsi gli uni dagli altri, ed a risalire ciascuno separatamente colla velocità acquistata; il centro di gravità del sistema in questo stato risalirà alla medesima altezza, da cui il centro di gravità del pendolo è diseeso'. Da principio questa soluzione non fu troppo bene compresa: alcuni dotti ne combatterono il principio, certissimo per se stesso, ma per verità un poco rimoto, e quindi ancora tale che non presentava, almeno per tutti gli ingegni, una connessione ben evidente colle leggi elementari della meccanica . In seguito è stato dimostrato nel modo più incontrastabile e luminoso: esso è conosciuto presentemente dappertutto sotto il nome di *principio della con-*

servazione delle forze vive. Il problema dei centri d'oscillazione è il primo figlio di quella numerosa famiglia di *problemi di dinamica*, sì lungo tempo agitati presso i geometri.

Problema de' centri di percossa, dapprima malamente risoluto.

Quantunque la ricerca del centro di percossa non presentasse che mediocri difficoltà pei geometri versati nella meccanica, pure molti tra loro malamente risolvettero questo problema, ovvero non ne diedero che soluzioni incomplete. Wallis medesimo vi s'ingannò nel suo trattato *de Motu*. Molto tempo dopo Giacomo Bernoulli, di cui avrò molto da parlare in seguito, ne diede una soluzione esatta e generale, col principio della leva.

CAPO IV.

PROGRESSI DELL' IDRODINAMICA.

Idrostatica.

Abbiamo veduto che Stevino aveva un poco avanzata la statica: egli diede altresì qualche movimento all' idrostatica. Egli fa vedere che la pressione d' un fluido sul fondo d'un vaso è sempre come il prodotto di questo fondo per l' altezza del fluido, qualunque sia altronde la figura del vaso; ma non sembra ch' egli abbia ben compresa la connessione reciproca di tutte le parti dell' idrostatica. Il primo trattato metodico e veramente originale che abbiano pubblicato i moderni sopra l' idrostatica, è quello *dell' equilibrio dei liquori* di Pascal. L' autore dimostra le proprietà dell' equilibrio de' fluidi, con questo principio semplice e fecondo: che due stantuffi applicati a due aperture fatte ad un vaso pieno d'un fluido qualunque e chiuso altronde da tutte le parti, se vengano spinti da forze reciprocamente proporzionali alle aperture, stanno in equilibrio: egli risolve tutte le difficoltà che certe proposizioni potevano

ancora offrire: tale era, per esempio, allora il famoso paradosso, che non è più tale presentemente, cioè che un filetto d'acqua ed una colonna cilindrica premendo sotto la medesima altezza il fondo medesimo, esercitano delle pressioni eguali.

Scoperta della gravità dell' aria.

La gravità dell' aria ignorata dagli antichi, lo era ancora da Galileo molto tempo dopo ch' ebbe trovata la teoria dell' accelerazione de' gravi. Vi è qualche apparenza che dopo l'invenzione delle trombe sino a questo filosofo, non si fosse avuta l' idea o l' occasione di collocare lo stantuffo nella tromba aspirante, ad un' altezza che eccedesse quella di trentadue piedi sopra il serbatoio; altrimenti si sarebbe incontrata la difficoltà che fu proposta a Galileo dai fontanieri di Cosmo de' Medici, gran duca di Firenze. Comunque sia la cosa, si deve ad un' esperienza tentata da questi operai la scoperta, o più esattamente la prova senza replica della gravità dell' aria. Eglino avevano costruito una tromba aspirante in cui l'acqua avrebbe dovuto alzarsi, sotto lo stantuffo, a più di trentadue piedi; e vedendo che ri-

cusava di passare i trentadue piedi, ne domandarno la ragione a Galileo. L'onore della filosofia non permetteva di lasciar di dare, e nemmeno di differire la risposta. Gli antichi attribuivano l'ascensione dell'acqua nelle trombe all'orrore della natura pel vacuo. Galileo indicò questa causa ai fontanieri, aggiungendo, rapporto al caso presente, che l'orrore della natura pel vacuo cessava quando l'acqua era giunta all'altezza di trentadue piedi. Questa spiegazione fu riguardata come un oracolo, e nessuno si avvisò di contraddirla. Ma riflettendovi più da vicino, Galileo sospettò che quest'orrore della natura pel vacuo, e questo limite che gli aveva dato, non erano che chimere. Altronde egli non andò più oltre, e sebbene cominciasse a conoscere la gravità dell'aria con esperienze d'un altro genere, non ebbe l'idea di qui impiegare sì fatto agente.

Torricelli, suo discepolo, pensò che il peso dell'acqua poteva mettere qualche ostacolo alla sua elevazione nelle trombe: idea semplice e felice, incompatibile col sistema dell'orrore del vacuo: di fatti, perchè mai il peso dell'acqua avrebbe egli limitato la forza di questo orrore? Guidato da questo raggio di

luce, fece con un istrumento da cui il barometro ordinario ha tratto la sua forma ed origine, un' esperienza analoga a quella delle trombe: egli trovò che il mercurio, il cui peso è quattordici volte tanto grande quanto quello dell' acqua, si manteneva ad un' altezza quattordici volte minore. Allora Torricelli concluse che i due fenomeni erano prodotti dalla medesima causa; indi facendo un nuovo passo, asserì che questa causa era la gravità dell' aria.

I partigiani inveterati dell' orrore del vacuo opposero alcuni dubbj alla spiegazione di Torricelli; ma questi dubbj furono totalmente dissipati dalla celebre esperienza del Puy-de-Dome, vicino a Clermont nell' Alvernia: esperienza eseguita da Perrier, dietro il progetto che Pascal suo cognato ne aveva dato, e dove si vide la prima volta il mercurio abbassarsi nel barometro a misura che egli s' innalzava sopra la montagna, o che la colonna d' aria diminuiva di altezza e di peso.

Idraulica .

Il corso delle acque alla superficie della terra rivolse l' attenzione di Castelli, altro discepolo di Galileo. In un piccol trattato che pubblicò sopra questo argomento nel 1628, Castelli spiega alcuni fenomeni del moto delle acque in un canale naturale o artificiale di figura qualunque: egli stabilisce che quando l' acqua ha preso una volta un corso regolare e permanente, le velocità alle diverse sezioni fatte perpendicolarmente alla direzione del moto, sono in ragione inversa delle superficie di queste sezioni: principio vero, da cui Castelli trasse molte conseguenze vere; ma in seguito egli s' inganna nella misura assoluta della velocità, che fa proporzionale alla pendenza del canale, ossia all' altezza dell' acqua .

Torricelli è il primo che abbia proposto una teoria esatta, in un caso particolare del movimento delle acque. Considerando che l' acqua all' uscire da un piccolo cannello orizzontale, si alza, almeno ad un dipresso, all' altezza della conserva, pensò che la sua velocità iniziale ascensionale dovesse essere la medesima di quella d' un corpo grave

che fosse caduto dall' altezza della conserva: donde conclusc, conforme alla teoria del suo maestro, che prescindendo dall' attrito e dalla resistenza dell' aria, le velocità degli afflussi seguitavano la ragione sudduplicata delle pressioni. Quest' idea fu confermata dalle esperienze che fece Raffaele Maggiotti in quel tempo sopra i prodotti di diversi cannelli sotto diversi carichi d'acqua. Torricelli pubblicò la sua scoperta nel 1644, nel suo libro *De motu gravium naturaliter accelerato*, di cui abbiamo già parlato. Allora l'Idraulica, in quella parte relativa agli efflussi per piccoli orifizj, divenne una vera scienza, da cui la pratica ha ritratto i più importanti vantaggi. Ma negli efflussi per orifizj un poco grandi, rapporto alle sezioni orizzontali del vaso, la velocità seguita una legge molto più composta, che la Geometria nel tempo di Torricelli non poteva discoprire.

Mariotte nato nel .... e morto nel 1684.

Tra quelli che i primi posero in uso il teorema di Torricelli, Mariotte merita d'essere citato con distinzione. Nato con un talento raro per immaginare ed eseguire delle sperienze, avendo avuto occasione di farne

un gran numero sopra il movimento delle acque a Versailles, a Chantilli ed in molti altri luoghi, compose su questa materia un trattato che non è stato stampato che dopo la sua morte. Egli si è ingannato in alcuni luoghi; non ha fatto che sfiorare molte questioni; non ha conosciuto l' effetto della contrazione della vena fluida all' uscire da un cannello; tuttavia, malgrado le sue imperfezioni, quest' opera è stata molto utile, ed ha molto contribuito al progresso dell' idraulica pratica.

Vortici di Cartesio.

Nel tempo in cui le scoperte di Galileo sopra il moto cominciavano a dirigere da questa parte gli studj de' dotti, Cartesio concepì il pensiero di spiegare colle leggi dell' idrodinamica il moto generale che trasporta i pianeti da Occidente in Oriente. Gli antichi riguardavano il cielo planetario come composto di orbi solidi e mobili, ciascuno de' quali trasportava il pianeta che gli era attaccato. Si comprende l' orribile confusione, ovvero l' impossibilità assoluta di tutti questi movimenti, soprattutto nel sistema di Tolomeo. Cartesio trasportò nel cielo

il meccanismo infinitamente più semplice d'una barca galleggiante sul fiume e trasportata dalla corrente: egli immaginò che i pianeti ruotavano altresì in un vasto vortice che girava da Occidente in Oriente, per tal modo che però nel vortice generale si trovassero per ciascun pianeta delle correnti particolari che tagliavano l' ecclittica sotto diverse obliquità. Questa idea imponente a prima vista sedusse parecchi illustri filosofi che se ne dichiararono pubblicamente i difensori. Erano allora troppo poco avanzati nella teoria del moto de' corpi solidi e fluidi, per intraprendere di sottoporla ad un esame critico fondato sopra questa teoria: essa si è altresì sostenuta per lungo tempo contro le più forti obbiezioni; finalmente siamo stati costretti ad abbandonarla come egualmente contraria alle leggi dell' astronomia e della meccanica.

CAPO V.

PROGRESSI DELL' ASTRONOMIA.

Copernico, nato nel 1472, *e morto nel* 1543.

L'astronomia ha fatto grandi progressi in questo periodo. Vi si trovano parecchi astronomi del prim' ordine. Alla loro testa è il celebre Copernico, i cui lavori cominciarono col sedicesimo secolo; poichè sebbene fosse nato nel 1472, non potè darsi interamente al suo genio per l'astronomia, che verso l'anno 1507.

Sistema di Copernico.

Egli da principio fu eccitato dalle spiegazioni che Tolomeo aveva date sopra i movimenti del nostro sistema planetario: vi trovava un imbarazzo ed un' oscurità che non poteva conciliare colla semplicità delle leggi ordinarie della natura. Sapendo che i pittagorici avevano trasportato dal sole alla terra il moto di rivoluzione nell' ecclittica, e che altri filosofi antichi avevano attribuito alla terra un moto di rotazione intorno al suo asse

in ventiquattr' ore, per ispiegare la successione de' giorni e delle notti, adottò queste due idee. Fece rivolgere intorno al sole, in quest' ordine, Mercurio, Venere, la terra, Marte, Giove e Saturno: in quanto alla luna, essa continuò a girare intorno alla terra. Allora i fenomeni celesti, le direzioni, le stazioni e le retrogradazioni de' pianeti si spiegarono con una facilità che fece stupire lui medesimo. Egli rispose in una maniera vittoriosa alle principali obbiezioni che a lui si potevano opporre: quelle che lasciavano ancora qualche dubbio, furono tolte in seguito dalle osservazioni medesime, come egli aveva predetto. Tutta la sua dottrina è spiegata nel suo famoso libro *de Revolutionibus coelestibus*, che fu composto verso l'anno 1530, ma che non venne alla luce che nel 1543: l'autore morì il giorno medesimo che ne ricevette un esemplare del tutto stampato.

Il sistema di Copernico era così semplice, sì conforme a tutte le leggi della meccanica e della fisica, che sarebbe stato da principio adottato da tutti gli astronomi, se uno zelo religioso malinteso non avesse creduto di trovarne la condannazione in alcuni passi della bibbia, come se in un libro desti-

nato ad insegnare la religione, e non l'astronomia, si fosse dovuto conformarsi alla verità astronomica che non può essere intesa che dai dotti, in vece di adoperare il linguaggio volgare che è alla portata di tutti gli uomini.

Ticone-Brahé, nato nel 1546, *e morto nel* 1601.

Sommamente ci duole che Ticone-Brahé abbia sacrificato i suoi lumi, e forse la intima persuasione a considerazioni superstiziose: ma perdoniamogli quest' errore e questa debolezza in grazia delle numerose osservazioni e scoperte onde egli ha arricchito l'astronomia.

Sistema di Ticone.

Non potendo Ticone adottare interamente il sistema di Tolomeo, che tutto condannava, restituì almeno alla terra la sua pretesa immobilità, e faceva girare intorno ad essa prima la luna, indi il sole che mostrava nella sua sfera di rivoluzione gli altri pianeti, Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno. Egli spiegava altresì, in un modo che credeva

soddisfacente, le apparenze de' movimenti celesti allora conosciuti; ma era altronde troppo illuminato per non comprendere che nella sostanza il suo sistema offendeva, quasi come quello di Tolomeo, le leggi della meccanica. La sua vera gloria si è d' essere stato un eccellente osservatore, e d' avere gettate e consolidate le basi delle nuove teorie astronomiche, o co' proprj lavori, o con quelli dei discepoli e cooperatori, coi quali si era associato nella sua piccola città d' Uraniburgo.

Egli è noto che il movimento della luna è soggetto ad un gran numero di ineguaglianze. Ve ne sono quattro principali: vale a dire: *l' equazione del centro*, *l' evezione*, *la variazione*, e *l' equazione annua*. Abbiamo veduto che la prima è stata scoperta da Ipparco, la seconda da Tolomeo; ed abbiamo spiegato in che consistano: Ticone ha scoperto le due altre.

Variazione.

La variazione è una diminuzione ed aumentazione alternativa di movimenti, che dipendono dalla posizione della luna per rapporto alle sizigie, o alla linea che congiunge i centri del sole, della terra e della luna, allor-

chè questi tre astri sono in congiunzione o in opposizione. Ticone osservò che partendo, pes esempio, dal punto della congiunzione, la velocità della luna si rallentava sino al primo qnarto; che dopo il primo anmentava sino all' opposizione; che diminuiva nella terza parte della rivoluzione, indi si accelerava nella quarta parte; così di seguito alternativamente per gli altri corsi.

Equazione annua.

L' equazione annna proviene da un' ineguaglianza che trovasi nella durata de' mesi lunari, secondo le diverse stagioni dell' anno. Si osserva che le osservazioni periodiche sono della medesima durata soltanto nelle medesime stagioni; ma che da una stagioue all' altra aumentano o diminuiscono. Le più lunghe accadono ne' mesi di giugno e luglio. Quindi risultano neila teoria della luna tre piccole equazioni proporzionali all' equazione del centro del sole: una pel moto della luna nella sua orbita, l'altra pel movimento del suo apogeo, e la terza pel movimento de' nodi dell' orbita lunare.

Altre ineguaglianze nel moto della luna.

Oltre a queste quattro ineguaglianze principali che si sono riconosciute coll' immediato soccorso delle osservazioni, il moto della luna è soggetto a molte altre piccole ineguaglianze che la teoria della gravitazione universale ha fatto rilevare, e che presentemente siamo obbligati d' introdurre nel calcolo astronomico, quando si voglia ch' esso rappresenti lo stato del cielo con tutta l' esattezza a cui è possibile di arrivare.

Ticone perfezionò ancora la teoria della luna in un altro elemento essenziale: determinò, con maggiore accuratezza e precisione che non si era fatto, la massima e minima inclinazione dell' orbita lunare rapporto al piano dell' ecclittica. Egli estese la medesima ricerca agli altri pianeti.

Ticone introduce l' effetto delle rifrazioni nel calcolo astronomico.

Gli antichi conoscevano all' ingrosso gli effetti della rifrazione: ognuno poteva osservare che riguardando il sole quando è all' orizzonte, ed in seguito quando è nel meri-

diano, la sua chiarezza è molto meno vivace nel primo caso che nel secondo: la ragione si è, che la terra essendo circondata da un' atmosfera densa, che si estende ad una ventina di leghe sopra la sua superficie, come ordinariamente si crede, il raggio solare, che viene dall' orizzonte, attraversa uno spazio maggiore nell' atmosfera, e soffre quindi una maggiore resistenza ed un maggiore indebolimento del raggio che viene dal meridiano. Questa differenza avrebbe dovuto far sospettare agli antichi che la rifrazione poteva cagionare qualche cambiamento nella posizione apparente degli astri sopra l' orizzonte: cangiamento che è effettivamente realissimo. Ma non si rileva che gli antichi vi abbiano avuto riguardo. Ticone è il primo che abbia compresa la necessità d' introdurre, e che abbia cominciato ad impiegare questo importante elemento nel calcolo astronomico. Ma siccome le leggi della rifrazione non erano per anche conosciute al suo tempo, così egli non ha potuto dare che risultati generali ed un po' vaghi.

Astronomia delle comete.

Al medesimo astronomo sono dovuti gli elementi della teoria delle comete. L'opinione, che le comete altro non sieno che meteore, non era ancora distrutta, malgrado le giudiziose riflessioni di Seneca, che abbiamo riferite. Ticone finì di dimostrare che questi astri sono corpi solidi, come i pianeti, e sottoposti ai medesimi movimenti intorno al sole. Egli osservò moltissime comete, nelle quali riconobbe questo carattere di rassomiglianza; lo che doveva naturalmente fare scomparire le maravigliose prerogative ch' erano loro attribuite. Ma la sua autorità ed i suoi ragionamenti non impedirono di riguardare ancora per lungo tempo le comete come foriere di grandi avvenimenti: tanto gli errori, ne' quali entrano le superstizioni religiose, incatenano fortemente la sventurata specie umana!

Apparizione d' una grande stella.

La grande stella che improvvisamente apparve, nel 1572, nella costellazione di Cassiopea, rivolse l'attenzione di tutti gli astronomi, e Ticone ci ha tramàndato la storia di questo maraviglioso avvenimento astronomico. Fu veduta la prima volta e nel medesimo tempo, li 7 novembre, in Witemberga ed in Augusta. Il cattivo tempo impedì che Ticone l'osservasse prima degli 11 novembre; allora la trovò pressocchè egualmente luminosa che Venere stazionaria. Essa rimase così per alcune settimane; in seguito andò sempre diminuendo di grandezza per gradi. Fu veduta per diciassette mesi, a capo de' quali, cioè a dire nel mese di marzo 1574, scomparve totalmente. Secondo tutte le apparenze, se si avesse avuto il soccorso del telescopio, essa sarebbe stata visibile più lungo tempo. Ticone osservò esattissimamente i periodi di grandezza, per cui passò durante la sua apparizione. Seguì colla medesima attenzione i cangiamenti di colore che sofferse. Dapprincipio fu d'un bianco risplendente; in seguito divenne d'un giallo rossastro, come Marte, Aldebaran, la spalla destra d'Orione; passò ad un

bianco smorto come quello di Saturno, e rimase così sino alla sua disparizione; essa scintillava come le stelle ordinarie, ec.

In parecchie altre occasioni si sono veduti simili fenomeni. Gli antichi poeti, e particolarmente Ovidio (1), riferiscono che una stella delle Pleiadi si era oscurata. Plinio dice che Ipparco intraprese l' enumerazione delle stelle, nell' occasione d' una nuova stella che apparve al suo tempo. In tempi più vicini a noi, negli anni 945 e 1264, fu veduta, per quanto si dice, una nuova stella nel medesimo luogo del cielo. Nel 1600, si rilevò la prima volta una stella situata nel petto del Cigno, la quale compariva e scompariva successivamente; essa era, nel 1616, della terza grandezza; diminuì in seguito per alcuni anni, dopo i quali scomparve. Fu riveduta nel 1655; essa scomparve per ricomparire nel 1665; ec. Vi è nel collo della Balena una stella che cangia periodicamente di grandezza, e che comparisce e scomparisce ad intervalli regolati. Sarebbe cosa inutile di qui riferire un maggior numero di questi fatti straordinarj: indicherò nel seguito le ragioni che gli astronomi moderni hanno immaginate per procurare di spiegarle.

(1) *Ovid. Fast. lib IV.*

Nel tempo di Ticone fiorivano parecchi eccellenti astronomi, tra i quali si distingue principalmente Guglielmo IV, langravio d'Assia Cassel, e Keplero. Parlerò dell' uno e dell' altro, dopo aver brevemente reso conto della riforma che fecesi nel calendario, nell' anno 1582, sotto il pontificato di Gregorio XIII.

Riforma del calendario.

Da molto tempo si era introdotta una estrema confusione nel metodo imbarazzante e fallace che la chiesa aveva adottato per fissare in ciascun anno il giorno di Pasqua, sul quale si regolano, come è noto, tutte le altre feste mobili. Gli Ebrei celebravano la loro Pasqua il decimoquarto giorno del *primo mese*, cioè a dire, del mese lunare in cui questo decimoquarto giorno cadeva nel giorno medesimo dell' equinozio di primavera, o seguiva questo equinozio più prossimamente. La primitiva chiesa non fece altro cangiamento a questo sistema, che di ordinare che la Pasqua de' Cristiani fosse celebrata il giorno della domenica che seguiva il giorno decimoquarto. Allorchè questo decimoquarto giorno si trovava una domenica, alcune chiese non si facevano scrupolo di celebrare

allora la Pasqua ebrea ; ma il concilio, tenuto in Nicea nel 325, proibì quest' uso, ed ordinò che in tali casi la Pasqua cristiana fosse celebrata nella domenica seguente. In virtù di questa generale disposizione, altro più non occorreva che di fissare il giorno dell' equinozio, e l' età della luna rapporto al sole.

L' equinozio di primavera essendo accaduto il 21 marzo nell' anno 325, il concilio di Nicea credette, o suppose che il medesimo fenomeno dovesse sempre avvenire nel corso de' tempi, in egual giorno ed in egual ora. Da un altro canto decretò che l' età della luna si regolasse a norma del ciclo metoniano ; cosicchè tutti gli anni che avessero il medesimo numero d' *oro*, o che fossero egualmente lontani dal principio di ciascun periodo di diciannove anni solari, dovevano avere i loro novilunj ne' medesimi giorni. Nondimeno i padri del concilio, benchè altronde molto ignoranti, avendo avuto alcune nozioni confuse dell' imperfezione del ciclo metoniano, incaricarono il patriarca della chiesa della città d' Alessandria, ove fioriva la celebre scuola di matematica, di verificare le lunazioni pasquali col calcolo astronomico, e di comunicarne i risultati al pontefice di Roma, che annunzierebbe il giorno preciso

della Pasqua a tutto il mondo cristiano ; ma questo savio regolamento fu trascurato .

Nel sistema del calendario adottato dal concilio di Nicea , vi erano due piccoli errori astronomici , i cui effetti accumulati in una lunga serie di secoli erano divenuti assai considerevoli : l' uno, che la durata dell' anno solare è di 365 giorni 6 ore, l' altro che 235 lunazioni compongono per l' appunto 19 anni solari . La prima supposizione pecca per eccesso di circa undici minuti, e ne risultò che l' equinozio di primavera , che cadeva al 21 marzo nell' anno 325 , cadeva agli 11 marzo nell' anno 1582 : la seconda pecca per difetto , e verso la metà del secolo decimosesto i novilunj indicati dal calendario precedevano di quattro giorni i veri novilunj dati dalle osservazioni .

Già da lungo tempo si conoscevano i vizj del calendario , e più volte , ma sempre inutilmente , si era procurato di correggerli . I grandi progressi dell' astronomia nel sedicesimo secolo fecero sperare un più felice successo a Gregorio XIII ; geloso altronde d' illustrare il suo pontificato con una riforma strepitosa e necessaria , nella quale i suoi predecessori si erano arrenati . In conseguenza, egli impegnò solennemente tutti gli astro-

nomi de' paesi cristiani a proporre le loro idee su i mezzi di rettificare il calendario, e di dargli una forma esatta e permanente.

Questo invito fece nascere una moltitudine di progetti, tra i quali, quello d'un astronomo veronese, per nome *Aloisius Lilius*, ottenne la preferenza, e fu consacrato con una bolla data nel mese di marzo 1582. Esso è un po' complicato, e per prenderne una perfetta cognizione, bisogna ricorrere alle opere che ne trattano espressamente. Mi ristringerò qui adunque ad alcune riflessioni generali.

Si stabilì 1.° che nell' anno 1582, si passasse immediatamente dal 4 ottobre al 15, ossia che questo mese si riducesse soltanto a venti giorni, affinchè nell' anno seguente 1583 l' equinozio cadesse a' 21 marzo. 2.° Per impedire in avvenire il ritorno dell' anticipazione degli equinozj, tanto a motivo degli undici minuti soprabbondanti nell' anno giuliano, quanto della precessione degli equinozj, di cui si cominciava allora a conoscere la quantità con sufficiente esattezza, si stabilì la regola che di quattro anni secolari che dovevano essere bisestili secondo il calendario giuliano, nell' avvenire ve ne sarebbe uno solo bisestile, e gli altri tre sarebbero

comuni; così, per esempio, de' quattro anni secolari 1600, 1700, 1800, 1900, il primo solo sarebbe bisestile. 3.° Rapporto alla luna, il cui movimento faceva qui la parte più imbarazzante del problema, Lilio sostituì ai numeri d'oro del ciclo metoniano, le *epatte*; cioè a dire, i numeri che esprimono l'età della luna al principio d'ogni anno, ossia l'eccesso dell'anno solare sopra l'anno lunare. Questa disposizione che permetteva facilmente di aggiungere, o sottrarre certi giorni, ad epoche determinate, aveva il vantaggio di accordare i movimenti della luna e del sole, assai meglio che non faceva il ciclo metoniano puro. I giorni dell'anno erano preceduti da lettere indicative de' piccoli calcoli che bisognava fare per trovare in ciascun momento l'età della luna, e per regolare la festa di Pasqua e le altre feste mobili.

Questo nuovo calendario fu ricevuto ed adottato con applauso universale ne' paesi cattolici; ma non ebbe il medesimo successo tra i protestanti, che ritennero il calendario giuliano, in quanto al moto del sole, ed usarono altronde il calcolo astronomico per fissare la Pasqua. Tuttavia siccome la forma pratica del calendario gregoriano è alla portata di tutti, così i protestanti di Germania

hanno finito coll' adottarlo nel 1700; gl' Inglesi hanno fatto la medesima cosa nel 1752. Esso è parimente in uso presso gli altri popoli del Nord, ad eccezione de' Russi.

Aggiungerò una sola parola intorno a questo argomento. La comodità l' un calendario qualunque non è una ragione sufficiente per conservarlo o adottarlo: la condizione essenziale consiste nell' essere perfettamente esatto. Ora, in qualunque modo si consideri la cosa, non si conseguirà mai questo fine. Fortunatamente i calendarj ordinarj sono molto inutili, dacchè le più celebri accademie d' Europa hanno cominciato a pubblicare delle effemeridi, di cui ho già avuto occasione di far conoscere l' utilità, parlando degli antichi cicli.

Guglielmo IV, nato nel 1532, *e morto nel* 1592.

Il langravio d' Assia-Cassel, Guglielmo IV, istruito di buon' ora nell' astronomia, ne divenne non solo il protettore, ma si diede egli medesimo alla pratica delle osservazioni con uno zelo e successo che avrebbero onorato un semplice particolare. Fece fabbricare nella sua capitale un osservatorio che guernì

de' migliori strumenti allora conosciuti. Tra le sue eccellenti osservazioni, si citano quelle che fece della posizione di molte stelle, e delle altezze solstiziali del sole negli anni 1585 e 1587.

Keplero, nato nel 1571, *e morto nel* 1631.

È stato dato a Ticone il soprannome di grande osservatore: per una simile ragione, Keplero deve dirsi il creatore della vera astronomia fisica. Egli si è reso celebre con molte opere, il cui estratto, od anche la semplice enumerazione, ci condurrebbe troppo lontano. Tra i monumenti del suo genio scelgo la scoperta che fece delle leggi che seguono i pianeti ne' loro movimenti: scoperta alla quale pervenne, combinando con profonda sagacità le proprie osservazioni con quelle di Ticone.

Gli antichi facevano girare i pianeti in cerchi perfetti, di cui supposero da principio che la terra occupasse il centro; ma ben presto furono obbligati d'allontanare più o meno la terra dal centro di circolazione, affine di poter rendere ragione de' cangiamenti che si osservavano ne' diametri de' pianeti, e donde bisognava concludere che questi astri

cangiavano altresì di distanza dalla terra. Ticone, lasciando la terra immobile nel centro del mondo, aveva almeno riconosciuto che Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno giravano intorno al sole, come ho detto. Le numerose osservazioni che aveva fatte in particolare sopra i movimenti di Marte, somministrarono a Keplero i mezzi d'assicurarsi, per mezzo di calcoli immensi, che non potevano spiegarsi tutti questi movimenti colla supposizione d'un' orbita circolare, in qualunque luogo venisse collocato il sole. Egli provò inutilmente molte altre orbite: finalmente trovò che l' ellisse ordinaria, situando il sole in uno de' suoi fuochi, soddisfaceva ai risultati de' suoi calcoli: primo passo verso la grande scoperta che abbiamo annunziata. Avendo in seguito determinato le dimensioni dell' ellisse di Marte, e paragonando insieme i tempi che, nel partire da una delle estremità della linea degli absidi ossia dall' asse maggiore dell' ellisse, questo pianeta impiegava per fare un' intera rivoluzione, ed una parte qualunque di rivoluzione; Keplero trovò che questi due tempi stavano sempre tra loro come l'intera area dell' ellissi e l'area del settore ellittico compreso tra l'arco descritto dal pianeta ed i due raggi vettori condotti al sole. La

medesima proporzione fu verificata per tutti gli altri pianeti. In seguito si riconobbe che essa aveva egualmente luogo pei movimenti de' satelliti riguardo a' loro pianeti principali. Essa è quindi divenuta una base fondamentale dell' astronomia fisica. Ordinariamente si chiama *la prima legge di Keplero*, ossia *la legge della proporzionalità delle aree ai tempi.*

Questa importante scoperta ne trasse seco un' altra non meno insigne. Sospettando Keplero che esistesse un rapporto tra i tempi delle rivoluzioni de' pianeti e le dimensioni delle loro ellissi, intraprese di trovarlo: nuovi calcoli di cui si potrà rappresentarsi tutta l' estensione, se si rifletta che Keplero operava, per così dire, a tentone; ma egli era guidato dal genio, e riuscì nella sua ricerca. Il risultato di tutte le sue combinazioni numeriche si fu che i quadrati de' tempi delle intere rivoluzioni di due pianeti stavano tra loro come i cubi degli assi maggiori delle due ellissi che questi pianeti descrivono, ossia come i cubi delle loro distanze medie dal sole: altra proporzione fondamentale, verificata per tutti i pianeti, e pei satelliti riguardo a' loro pianeti principali. Chiamasi questa *la seconda legge di Keplero*,

ossia *la legge de' tempi relativamente alle distanze medie*.

Quelli che vorranno conoscere l'origine ed il progresso delle idee di Keplero sopra questa materia, consulteranno la sua opera intitolata: *Astronomia nova .... coelestis tradita cum commentariis de motibus stellae Martis* (1609). In essa si rileverà un' immaginazione viva, feconda in risorse, ed in alcuni luoghi una specie d'entusiasmo poetico, eccitato dalla grandezza ed interesse dell' argomento.

Quantunque le due leggi di Keplero formino la base di tutti i calcoli astronomici del movimento de' pianeti, vedremo però nel seguito che fa d' uopo introdurvi delle leggere modificazioni per rappresentare le alterazioni che soffre il moto ellittico d'un pianeta intorno al sole, o d' un satellite intorno al suo pianeta principale, per l' effetto della gravitazione universale e reciproca di tutti gli astri gli uni sopra gli altri.

L' astronomia fece nuovi progressi col soccorso del telescopio, che fu trovato verso il principio del secolo decimosettimo, come noterò più espressamente nel seguito: felice supplemento all' imperfezione della semplice vista, per riconoscere gli oggetti lontani.

Digitized by Google

Satelliti di Giove.

Galileo è uno de' primi che abbia posto in uso questo istrumento: egli cominciò ad osservare attentamente la luna; vide alla sua superficie diverse ineguaglianze, alcune parti sagglienti, altre oscure ed incavate; e ne concluse che questo pianeta era seminato di montagne, di laghi, di fiumi, e che formava un corpo opaco simile alla terra. Egli discoprì in tutte le parti del cielo un numero immenso di piccole stelle che sfuggono alla semplice vista. Si era concepita una falsa idea delle macchie del sole, riguardandole come una specie di schiuma momentanea: egli riconobbe ch' esse erano aderenti al corpo del sole, comparendo e scomparendo in virtù d' un movimento di rotazione, dal quale è animato. Copernico aveva predetto che un giorno si troverebbero a Venere delle fasi presso a poco simili a quelle della luna: Galileo verificò la predizione. Ma ciò che gli cagionò più stupore e piacere, si fu di scoprire gradatamente che Giove è circondato da quattro satelliti che girano intorno a questo pianeta, come la luna gira intorno al sole. Egli li chiamò *gli astri medicei* in ricono-

scenza de' contrassegni di stima e considerazione che riceveva dalla casa de' Medici; ma questa denominazione non ha fatto fortuna, ed ha prevaluto il semplice nome di satelliti di Giove.

Il sistema di Copernico, già tanto verosimile, acquistò dalle osservazioni e dai ragionamenti di Galileo una probabilità pressochè equivalente ad una dimostrazione. Le maggior parte delle obbiezioni che si facevano contro questo sistema erano assai frivole; si diceva, per esempio, che la terra avendo un satellite, che è la luna, non si doveva supporre che fosse essa stessa un satellite, o che si rivolgesse intorno al sole. Galileo rispose vittoriosamente che Giove aveva quattro satelliti, e che nondimeno girava intorno al sole, secondo le osservazioni ed i calcoli di Ticone: soggiunse che la luna essendo un corpo simile alla terra, non vi era alcuna ragione di pensare che questi due corpi non potessero avere de' movimenti simili negli spazj celesti. Ma la probabilità più forte, e su la quale Galileo insisteva di più, a favore del sistema di Copernico, si era la spiegazione semplice e naturale che dà delle stazioni, direzioni e retrogradazioni de' pianeti, mentre a questo riguardo il sistema di Tolo-

meo, ed anche quello di Ticone, presentano una complicazione di movimenti ch' egli è come impossibile di conciliare colle leggi della meccanica e della sana fisica.

Con tutte queste considerazioni, Galileo ebbe il coraggio, sino dall' anno 1615, di professare apertamente il sistema di Copernico. Ma questo coraggio gli tirò addosso la riprensione del *Sant' Ufficio*, e fu obbligato a ritrattarsi, per evitare la prigione. Vent'anni dopo, credendo la verità più matura, si dichiarò di nuovo, sebbene in un modo un poco involuto, per questo sistema senza del quale chiaramente scorgeva che l' astronomia fisica non poteva sussistere. L' inquisizione che lo spiava non ebbe più alcun riteguo: Galileo fu obbligato a comparire innanzi al suo tribunale, e condannato a passare il rimanente de' suoi giorni in una carcere: egli però ne uscì un anno dopo, ma col patto di mai più ricadere, e di non abbandonare il territorio di Firenze, dove effettivamente rimase sino alla sua morte sotto la vigilanza dell' inquisizione: troppo famoso esempio degli innumerabili delitti che un tribunale assurdo e fanatico ha commessi contro l' umana ragione, o che finalmente a' nostri giorni ha espiati coll' ignominia.

Malgrado gli inquisitori, malgrado i passi della Biblia che non si cessava di opporre al movimento della terra, il sistema di Copernico faceva de' progressi, e di giorno in giorno si consolidava. Non devo però dissimulare che era stata proposta una difficoltà alla quale Copernico, e nemmeno Galileo non poterono rispondere in modo perentorio, ma di cui predissero che un giorno si troverebbe la perfetta soluzione: la difficoltà era che supponendo la terra pervenuta successivamente alle due estremità d'un medesimo diametro della sua orbita, si doveva trovare una parallasse o un cangiamento di posizione nelle stelle; cosa che non si rilevava. Gli astronomi fecero per più d'un secolo gli ultimi sforzi per rischiarare questo dubbio; alcuni trovarono una piccolissima parallasse nelle stelle; gli altri non ne ritrovarono; altri per fine trovarono de' movimenti del tutto contrarj a quelli che dovevano risultare dalla parallasse. La conclusione certa di tutte queste incertezze fu che le stelle sono situate per noi a distanze come infinite per rapporto al raggio dell' orbita terrestre, sebbene però questo raggio sia almeno di trentotto milioni di leghe. Si vedrà in seguito che la quistione è stata perfettamente risoluta avanti la

metà del secolo passato ; di modo che presentemente il moto della terra è appoggiato sopra fondamenti inconcussi.

Gassendi, *nato nel* 1592, *e morto nel* 1655.
Oroccio, *nato nel* 1619,
e morto nel 1641.

L'Italia non fu il solo paese, in cui l'uso del telescopio contribuì al progresso dell'astronomia. Nel 1631, il nostro filosofo Gassendi vide Mercurio sopra il sole ; e questa è la prima osservazione di questo genere. Oroccio, astronomo inglese, fece una simile osservazione per Venere nel 1639.

Morino, *nato nel* 1583, *e morto nel* 1635.

Si sa che Giovanni Battista Morino, per molto tempo professore di matematica nel collegio di Francia, ha composto diverse opere che non fanno onore alla sua memoria ; ma in compenso, non dobbiamo dimenticarci ch'egli ha indicato il primo la maniera di risolvere il famoso problema delle longitudini per mezzo delle osservazioni astronomiche, e che per fare queste osservazioni con maggiore esattezza, propose di applicare

un cannocchiale al quadrante: idea che male a proposito è stata attribuita ad astronomi posteriori.

Evelio, nato nel 1611, *e morto nel* 1688.

Evelio è celebre per osservazioni numerose e delicate sopra le macchie del sole, sul movimento delle comete, ec. A lui è dovuta altresì la prima descrizione esatta delle macchie della luna.

Riccioli, nato nel 1598, *e morto nel* 1671.

Riccioli, gesuita, ha lasciato, su l'esempio di Tolomeo, un' opera grande intitolata: *Almagestum novum*, nella quale ha raccolto tutte le teorie astronomiche conosciute al suo tempo, colle proprie osservazioni e riflessioni. Egli fu molto aiutato dal suo confratello Grimaldi.

Grimaldi, nato nel 1619, *e morto nel* 1663.

Indipendentemente da questo lavoro, Grimaldi diede una selenografia, in cui le macchie della luna sono denotate coi nomi de' filosofi: nomenclatura adottata da principio con

applauso ed ancora sussistente oggidì, salve le correzioni che il tempo ha cagionate.

Mouton, nato nel 1618, e *morto nel* 1694.

Mouton, canonico di Lione, determinò con sagacità e riuscita i diametri apparenti del sole e della luna, per mezzo del telescopio e del pendolo semplice: a lui è dovuta la prima idea de' metodi d'interpolazione, per collegare insieme le osservazioni d'un medesimo oggetto, fatte in tempi differenti. Egli aveva calcolato una tavola de' logaritmi de' seni e tangenti di secondo in secondo, pei quattro primi gradi, la quale è stata stampata nell' edizione di Gardiner, fatta in Avignone nel 1770, da Pezenas e Dumas gesuiti.

Dopo la scoperta de' satelliti di Giove, questo ramo d'astronomia rimase come stazionario per più di quarant' anni, sia perchè richiedeva un' estrema attenzione per parte degli osservatori, sia perchè non si era ancora sufficientemente perfezionato il telescopio. Galileo aveva creduto di riconoscere due satelliti a Saturno, vicinissimi a questo pianeta: essi parvero immobili per tre anni, conservando sempre la medesima forma; ma Anno 1615

finalmente si cessò onninamente di vederli, e si pensò che Galileo fosse stato ingannato da qualche illusione ottica.

Satellite di Saturno.

Nel 1655, Huguens essendo riuscito a costruire egli medesimo due eccellenti telescopj, uno di dodici piedi di lunghezza, l'altro di ventiquattro piedi, scoprì un satellite di Saturno, quello che presentemente chiamasi il quarto. Ne determinò la distanza da Saturno, la posizione dell' orbita, la durata della rivoluzione, ec., con una chiarezza ed esattezza che non lasciarono alcun dubbio sopra l' esistenza ed il movimento di questo nuovo astro. Erano allora gli astronomi talmente imbevuti dell' opinione che il numero de' satelliti non potesse oltrepassare quello dei pianeti principali, che Huguens, dopo avere scoperto questo satellite (il che dava tanti satelliti quanti erano i pianeti principali) (1),

(1) *Da una parte, sei pianeti principali, vale a dire Mercurio, Venere, la Terra, Marte, Giove e Saturno; dall' altra, sei satelliti, vale a dire la Luna, i quattro satelliti di Giove e quello di Saturno.*

avanzò nell' epistola dedicatoria del suo libro *Systema Saturnium* al gran duca di Toscana, che il numero de' satelliti era completo, e che non doveva sperare di vederne de' nuovi in avvenire. Perdoniamo quest' errore metafisico ad un uomo grande che ha arricchito le scienze esatte di tante immortali scoperte. Si deve fors' anche ripeterlo dalla vantaggiosa idea che aveva de' suoi telescopj, che avendogli fatto vedere nel cielo de' fenomeni che nessuno aveva rilevati, poteva fargli pensare che nessun corpo del nostro mondo planetario gli fosse sfuggito. Anno 1659

Anello di Saturno.

La scoperta di questo satellite condusse Huguens per gradi, come espone egli medesimo, alla cognizione dell' anello che circonda Saturno. Molti astronomi dopo Galileo avevano osservato Saturno sotto diverse forme irregolari e variabili, di cui non potevano rendere alcuna ragione soddisfacente. Huguens co' suoi telescopj riconobbe e dimostrò che Saturno formava un corpo rotondo, e che era circondato da un anello piatto e circolare che n' era distaccato da tutte le parti, e che essendo riguardato obliquamente

dalla terra, doveva, secondo le regole dell' ottica, apparire sotto la forma d' un' ellissi più o meno aperta, secondo che il nostro occhio è più o meno elevato sopra il suo piano, la cui inclinazione all' ecclittica è di circa trenta gradi. Di qui ne seguiva la spiegazione semplice e naturale di tutte le apparenze di Saturno. L' anello sparisce totalmente dai nostri occhi quando la sua grossezza non è sufficiente per mandarci un' abbastanza grande quantità di raggi solari, per essere veduto. Huguens trovò che il semi-diametro esterno dell' anello sta al semi-diametro del globo di Saturno, come 9 sta a 4, e che la sua larghezza è uguale a quella dello spazio contenuto tra il globo e la sua circonferenza interna. Questo sistema, combattuto in prima dall' invidia o dall' ignoranza, è presentemente una verità fondamentale nell' astronomia.

Fondazione della società reale di Londra nel 1660, *e dell' accademia reale delle scienze di Parigi nel* 1666.

In que' tempi si formarono due grandi stabilimenti a favore delle scienze, la società reale di Londra, e l'accademia reale delle scienze di Parigi. Queste due illustri compagnie hanno prodotto uomini del prim' ordine in tutti i generi. Esse furono in prima utili principalmente all' astronomia, che ha bisogno più di tutte le altre scienze di essere incoraggiata dai riguardi e beneficj dei principi.

Una delle prime cure di Luigi XIV, o piuttosto del suo grande ministro Colbert, fondando l'accademia delle scienze, si fu non solo d' introdurvi i dotti nazionali, ma ancora d' invitarvi gli stranieri più illustri e più capaci di contribuire allo splendore dello stabilimento ed al progresso delle scienze. Tra i primi si distinguono Claudio Perrault, Mariotte, Pecquet, Auzout, Picart, Richer, ec; tra gli altri, Huguens, Gian-Domenico Cassini, Roemer, ec.

Cassini, nato nel 1625, *e morto nel* 1712.

Gian-Domenico Cassini, che prima di venire a fissarsi presso di noi, si era già fatto un gran nome nelle scienze colla sua meridiana di s. Petronio in Bologna; colle tavole del Sole e de' satelliti di Giove, e con altri lavori astronomici, ed ancora con operazioni idrauliche, nelle quali i papi lo adoperarono, ebbe in Francia tutta la libertà di abbandonarsi al suo genio ed alla sua inclinazione che lo portavano all' astronomia. Vi fece un gran numero d' importanti scoperte. La più brillante è quella de' quatro nnovi satelliti di Saturno, che nell' ordine delle distanze sono, il 1.°, il 2.°, il 3.° ed il 5.°; di modo che col 4.° scoperto da Hugnens, Saturno ebbe allora cinque satelliti bene riconosciuti.

L' ipotesi del moto ellittico de' pianeti, che Keplero aveva proposta, non era stata perfettamente compresa da tutti gli astronomi. Cassini l' aveva combattuta, sopra una supposizione senza fondamento. Egli credeva che Keplero collocando il sole in uno dei fuochi dell' ellisse ordinaria, facesse poi dell' altro fuoco il centro de' movimenti medj, os-

sia il vertice delle aree proporzionali ai tempi; il che dava risultati poco conformi alle osservazioni. Per correggere questo difetto, Cassini sostituì all' ellissi ordinaria un' altra curva che chiamò parimente un' *ellisse*, nella qnale il *prodotto* di dne linee condotte da due punti fissi al medesimo punto della curva, forma dappertntto nna quantità costante, laddove nell'ellisse ordinaria la *somma* di dne linee condotte dai due fuochi è nna quantità costante. Ma Keplero non è caduto realmente nell'errore che Cassini gli attribuisce: egli colloca il centro de' movimenti medj nel fuoco medesimo che occnpa il sole; ed allora tutte le osservazioni si spiegano ottimamente. La curva di Cassini non ha il medesimo vantaggio; ed altronde quando i dne fuochi sono molto distanti l' uno dall' altro, essa ha un corso che è fisicamente impossibile che un pianeta possa seguitare.

Auzont fu un eccellente osservatore; aveva una perfetta cognizione degli strumenti astronomici; perfezionò ed estese l' uso del micrometro, la cni prima invenzione è dovuta a Hnguens. Si assicura che presentando a Luigi XIV le osservazioni che aveva fatte della cometa del 1664, fece nascere la prima idea di costruire nn osservatorio e di corre-

darlo d' istrumenti. L' osservatorio di Parigi, cominciato nel 1667, fu terminato nel 1672, sei anni dopo la fondazione dell' accademia delle scienze. L' Inghilterra seguì da vicino quest' esempio; l' osservatorio di Greenwich fu stabilito nel 1673.

Vi sono delle scienze speculative, come la geometria, l' analisi, la meccanica razionale, ec., ove non si possono fare grandi progressi che con una vita sedentaria, colla meditazione, col silenzio e ritiro nel gabinetto: altre vi sono in cui bisogna passare dagli studj teorici alle applicazioni pratiche; fare delle esperienze, percorrere varj paesi: tali sono la fisica, la storia naturale, e principalmente l' astronomia, che richiede sovente delle osservazioni comparative fatte in diversi luoghi lontanissimi gli uni dagli altri.

Picart, nato nel 16.., *e morto nel* 1682.

L' abate Picart, distinto per la sua destrezza nel bene scegliere e maneggiare gli strumenti atti alle osservazioni, eseguì molti utili lavori, e tra gli altri il progetto molte volte tentato di misurare la terra, con una precisione, sopra la quale la geografia e la navigazione potessero stabilire delle basi cer-

te : perciocchè le misure de' Greci e degli Arabi, ed anche di alcuni filosofi moderni, non avevano questo carattere, o almeno non ne presentavano alcuno mallevadore della loro esattezza. Egli misurò l' arco celeste compreso tra Amiens in Picardia, e Malvoisine ne' confini del Gâtinois e dell' Hurepoix ; in seguito col paragone di questa misura con quella dell' arco terrestre corrispondente, determinato per mezzo d' una serie di triangoli che si collegavano gli uni cogli altri, ed il primo de' quali era stabilito sopra una base conosciuta, egli concluse che la lunghezza del grado terrestre era di 57060 tese ad un dipresso ; donde risultavano 20541600 tese per la lunghezza intera d' un cerchio massimo del globo terrestre.

Prime idee sopra la figura della terra.

Richer, nato nel 16.., *e morto nel* 1696.

Nel 1672, Richer fu spedito a Caienna, che è a cinque gradi dall' equatore, per farvi diverse osservazioni astronomiche. Egli era incaricato specialmente d' osservare il pianeta di Marte, che Picart, allora in Danimarca,

Cassini e Roemer in Provenza, osservavano nel medesimo tempo dal canto loro, a fine di poter concludere dal reciproco confronto di tutte queste osservazioni fatte in luoghi sì lontani, la parallasse di questo pianeta, in cui tutti gli astronomi erano occupati, sperando di trarne lumi grandi sopra la teoria delle parallassi. Tosto che Richer volle cominciare le sue osservazioni, ne fece un' altra che non era stata preveduta, e molto più importante di tutte quelle che erano state proposte. Aveva portato secolui, per misurare il tempo, un pendolo che batteva esattamente i secondi a Parigi. Quando ne volle far uso a Caienna, trovò che questo pendolo oscillava troppo lentamente: per fargli battere esattamente i secondi, si dovette accorciarlo di circa una linea ed un quarto. Mandata a Parigi questa singolare osservazione, Huguens ne trovò tostó la ragione fisica: questa era che in virtù del moto di rotazione della terra intorno al suo asse, la forza centrifuga verso l' equatore era più grande che sotto il parallelo di Parigi, e che per conseguenza doveva diminuire di più la gravità naturale e primitiva, nel primo luogo che nel secondo. Donde ne seguiva, per un' ulteriore conseguenza, fondata su la teoria del

moto de' pendoli, che il pendolo che batte i secondi a Caienna, doveva essere più corto del pendolo che batte i secondi a Parigi. Huguens diede inoltre un calcolo dello schiacciamento progressivo della terra andando dall' equatore verso i poli. Alcuni anni dopo, Newton trovò parimente uno schiacciamento dalla medesima parte, ma un poco più grande di quello di Huguens, perchè questi due geometri partivano da snpposizioni un po' differenti su la natura della gravità primitiva: Huguens la riguardava come costante e diretta al centro; Newton, come il risultato di tutte le attrazioni reciproche delle molecole del globo terrestre, e che lascia il centro un po' da una parte. Si rileva che in questo gran problema l' esperienza ha preceduto e rischiarato la teoria, e che la Francia ha avuto la gloria di somministrare i dati che dovevano servire a risolverlo. Vedremo in seguito le immense e dispendiose operazioni ch' essa ha fatte ancora, per determinare le vere dimensioni del globo terrestre.

Propagazione successiva della luce;

Roemer, nato nel 1644, *e morto nel* 1710.

Possiamo contare altresì nel numero delle nostre scoperte astronomiche, quella della propagazione della luce che si fece verso il medesimo tempo. Roemer, autore di questa scoperta, era per verità danese di nascita, ma era allora stabilito in Francia dai benefizj di Luigi XIV, ed uno de' nostri primi accademici delle scienze. Dacchè si conoscevano i satelliti di Giove, gli astronomi si erano applicati con tutto l'impegno a determinare i loro movimenti, e Domenico Cassini era giunto a costruire alcune tavole che rappresentavano con esattezza le loro rivoluzioni ed i loro ecclissi, cagionati dall'ombra di Giove. Nondimeno Roemer, che osservava assiduamente il primo satellite, s'avvide che negli ecclissi in certi tempi esso usciva dall'ombra alcuni minuti più tardi, ed in altri, alcuni minuti più presto che non avrebbe dovuto fare secondo le tavole. Inoltre, paragonando questi tempi gli uni cogli altri, riconobbe che il satellite usciva più tardi dall'ombra, quando la terra col suo movimento

annuo si allontanava da Giove, e più presto quando a lui si avvicinava. Quindi formò quell' ingegnosa congettura, ben presto convertita in dimostrazione, che il moto della luce non è istantaneo, come Cartesio aveva creduto, e come allora per anche si credeva; ma ch' essa impiega un certo tempo per arrivare dal corpo luminoso all' occhio dell' osservatore. Secondo i suoi primi calcoli, essa doveva impiegare circa undici minuti a percorrere il raggio dell' orbita terrestre: egli trovò dipoi che la velocità degli atomi luminosi era un poco più grande. Nessun fenomeno è più notabile di questo nella fisica celeste, nè più essenziale come elemento nelle teorie astronomiche: esso assicura l'immortalità al nome di Roemer.

L' Inghilterra in tutti i tempi ha prodotto astronomi del prim' ordine. Qui noi distinguiamo tra gli altri Hook, Flamstedio ed Halley.

Hook, nato nel 1635, *e morto nel* 1702.

Hook non solo è stato un grande osservatore in tutte le parti dell' astronomia: ma a lui si deve ancora la prima idea un poco sviluppata del sistema della gravitazione uni-

versale. Egli fa le tre supposizioni seguenti: 1.° tutti i corpi celesti hanno non solo un'attrazione o gravitazione sopra il proprio centro, ma si attraggono scambievolmente gli uni gli altri nella loro sfera di attività. 2.° Tutti i corpi, che hanno un moto semplice e diretto, continuerebbero a muoversi in linea retta, se qualche forza non li deviasse senza interruzione, e non li costringesse a descrivere un cerchio, un' ellisse, o qualche altra curva più composta. 3.° L'attrazione è tanto più possente, quanto è più vicino il corpo attraente. Tutte queste basi entrano nel sistema di Newton; ma ciò che caratterizza la scoperta di qnest'nltimo, si è la legge dell'attrazione da lui trovata, e che Hook non aveva conosciuta.

Flamstedio, nato nel 1646, *e morto nel* 1720.

Tostochè fu stabilito l' osservatorio di Greenwich, Flamstedio, a cui Carlo II ne diede la presidenza, cominciò a farvi quella numerosa serie di osservazioni, di tutti i generi, riferite nella sua *Storia celeste* e nelle *Transazioni filosofiche* della società reale di Londra. Egli si è principalmente reso utile all' astronomia con alcuni prolegomeni sopra la

storia di questa scienza, e con un catalogo delle stelle fisse, visibili ne' nostri climi, più completo di qualunque altro tra quelli che si conoscevano.

Halley, nato nel 1656, *e morto nel* 1742.

Halley, profondo nella geometria, ma tratto da un genio dominante per l'astronomia, arricchì quest'ultima scienza di moltissime osservazioni e ricerche, tanto più preziose ed esatte, quanto che erano sempre dirette dalla prima. Pressochè all'ingresso della sua carriera, intraprese un lungo viaggio per fare l'enumerazione delle stelle anstrali. Siccome gli antichi non conoscevano che la parte boreale della terra, e quelli tra i moderni, che avevano penetrato nella parte anstrale, vi erano stati tratti da altri interessi che quelli dell'astronomia, così le stelle del sud, e soprattutto quelle che s'avvicinano al polo, rimanevano o del tutto incognite, o malamente situate sopra i globi celesti. Per empire questo voto, questa parte nulla, o incompleta ne' cataloghi di Tolomeo e di Ticone, e per fare delle osservazioni corrispondenti a quelle di Evelio e Flamstedio in Europa, Halley si portò nel 1676 all'isola Santa

Elena, il più meridionale de' possessi inglesi, situato sotto il sedicesimo grado di latitudine australe, e vi eseguì pienamente il suo progetto. Il catalogo delle stelle anstrali, formato dietro le sue osservazioni, comprende la descrizione d' un continente riguardevole nel vasto paese dell' astronomia. Halley riferisce ancora molte altre osservazioni del suo viaggio, ed in particolare quella del passaggio di Mercurio sopra il disco solare, che avvenne ai 3 novembre 1677. Quest' era il quarto tra i fenomeni che si eraño veduti dopo l'invenzione de' cannocchiali, giacchè per l'innanzi non era stato considerato.

Halley conosceva, o personalmente, o per mezzo di lettere, tutti gli astronomi di Europa. Nel 1679 andò a visitare Evelio in Danzica; l' anno seguente volle vedere la Francia e l' Italia. Essendo a mezza strada da Calais a Parigi, vide per la prima volta la famosa cometa del 1680, sì terribile agli occhi del volgo, atteso il suo splendore e la sua grandezza. Essa gli fece nascere il pensiero di scrivere un piccolo trattato sopra le comete, di cui parlerò a suo luogo.

Aggiungerò di passaggio, che questa medesima cometa produsse la famosa opera di Bayle, intitolata: *Pensieri sopra la cometa*; opera nella quale questo gran filosofo combatte con tutte le forze della dialettica e della ragione gli errori superstiziosi che allora esistevano ancora sopra le cagioni e gli effetti dell' apparizione delle comete.

Progressi della navigazione e della gnomonica.

Ad ogni passo che fa una scienza, le arti accessorie, soprattutto quelle che sono utili alla società, prendono degli accrescimenti proporzionati. Quindi la navigazione e la gnomonica non potevano a meno di provare la felice influenza del movimento generale che si faceva nell' astronomia.

Navigazione.

Ristringendo sempre l' uso delle carte piatte a rappresentare piccole estensioni di terreno, si poteva evitare l' inconveniente che esse hanno di esprimere, con linee eguali, i gradi di due cerchi paralleli che terminano la carta nord e sud, e dare la proporzione

conveniente alle espressioni di questi gradi. Gherardo Mercatore, geografo de' Paesi bassi, ne fece il rilievo, che è d'altronde assai semplice ed elementare. Odoardo Wright, quel medesimo di cui rimangono alcune osservazioni astronomiche tra quelle di Oroccio, sviluppò l'idea di Mercatore, o piuttosto considerò la quistione sotto un nuovo punto di vista. Avendo riflettuto che il raggio d'un parallelo, andando dall'equatore al polo, diminuisce nella medesima ragione che aumenta la secante della latitudine, propose di costruire delle carte dietro questo principio. Furono chiamate *carte ridotte*. L'invenzione è ingegnosissima; s'introdussero nella marina verso l'anno 1630. In seguito si sono calcolate delle tavole affine di perfezionarne la teoria e la pratica. La lossodromia, ossia la rotta che segue il vascello sopra la superficie del globo per un medesimo rombo di vento, è una curva a doppia curvatura: sopra la carta ridotta è una curva ordinaria, la cui lunghezza è tanto più facile a calcolarsi, in quanto che nella pratica il problema si semplifica ancora. Il vascello non segue giammai la medesima lossodromia durante una lunga navigazione: perciocchè tutti i mari sono interrotti da isole, o da continenti; ed altronde

si cangia sovente di direzione, sia per cercare de' venti favorevoli, sia per evitare gli scogli, ec. Quindi la rotta intera del vascello è composta di più parti di lossodromie differenti; e ciascuna di queste parti, considerate separatamente, può confondersi nella maggior parte de' casi, senza errore sensibile, colla semplice linea retta. La navigazione trae un nuovo soccorso dall' astronomia, coll' appropriarsi l' uso di molti strumenti per dirigere la rotta del vascello dietro la ispezione degli astri; ma ben si scorge che a motivo della continua mobilità del vascello, le osservazioni in mare hanno dovuto essere per lungo tempo molto imperfette.

Gnomonica.

Munster, nato nel 1489, *e morto nel* 1552.
Oronzio Finé, nato nel 1494,
e morto nel 1555.

Abbiamo veduto che gli antichi si erano molto occupati nella costruzione de' quadranti, e che ne delineavano di tutte le specie, sopra ogni sorta di superficie, piane, cilindriche, coniche, sferiche, ec. Vitruvio che è entrato in grandi dettagli su questo propo-

sito, non ha spiegato, almeno con metodo e colla necessaria chiarezza, la teoria della gnomonica. Non si comincia a trovare questa teoria sufficientemente sviluppata che negli autori del secolo decimosesto. Si crede che Munster ed Oronzio Finé sieno i primi che ne abbiano pubblicati de' trattati. Maurolico scrisse sopra la medesima materia un' opera stimata, dove la pratica è accoppiata colla teoria. Si cita altresì, con molta lode, il trattato di gnomonica che il p. Clavio, gesuita, pubblicò nel 1581. Si sono dappoi scritte tante opere simili, che la loro enumerazione sarebbe egualmente noiosa che inutile.

CAPO VI.

Progressi dell' ottica (1).

Alcuni scrittori che non hanno mai nulla inventato, ma che dopo il fatto trovano ogni cosa negli antichi, riferiscono a questa sorgente le principali scoperte de' moderni nell'ottica e la costruzione degli strumenti che da essa dipendono. Si vuol ben credere che in ciò parlino di buona fede, e non per un sentimento simile a quella bassa invidia che esalta sempre i morti a spese de' vivi. Ma qui i loro sforzi sono inutili. Dal più antico libro che esiste sopra l'ottica, e che ordinariamente si attribuisce ad Euclide, si rileva che gli antichi non avevano in questa parte delle matematiche, che nozioni generali e vaghe, alcune delle quali erano anche false. Sapeva-

---

(1) *Sotto il nome generale d'*ottica, *si comprende, come è noto, l'ottica propriamente detta, ossia la scienza della luce diretta; la catottrica o la scienza della luce riflessa; e la diottrica o la scienza della luce refratta.*

no, per esempio, che la luce si propaga in linea retta, quando non incontra alcun ostacolo nel suo cammino, e che cadendo sopra una superficie piana ben liscia, essa si rifletteva sotto un angolo egnale a quello d'incidenza: ma ignoravano la legge secondo la quale un corpo opaco è illuminato, secondo che è più o meno vicino al corpo luminoso; eglino s'ingannavano facendo dipendere la grandezza apparente degli oggetti unicamente dall'angolo sotto il quale sono veduti; s'ingannavano dicendo che il luogo dell'immagine formata da' raggi riflessi è situato nella loro intersezione colla perpendicolare condotta dall'oggetto alla superficie riflettente; finalmente, anche al tempo di Tolomeo, non conoscevano che i fenomeni generali della rifrazione della luce: non sospettavano neppure che quando un raggio passa da un mezzo in un altro, esiste una dipendenza, sottoposta ad una legge costante, tra le due direzioni di questo raggio. Egli è certo che l'ottica non ha cominciato a prendere del movimento ed a formare un vero corpo di scienza che verso la fine del secolo decimoquinto.

Porta, nato nel 1445, *e morto nel* 1515.

Uno de' primi, che abbia preparato o impresso questo movimento, è il celebre Giovanni Battista Porta, gentiluomo napolitano, inventore della camera oscura. Nella sua opera intitolata *Magia naturalis*, egli dice, che facendo un piccol foro alla finestra d'una camera chiusa altronde esattamente da tutte le parti, si vedrebbe che gli oggetti esterni vengono a dipingersi su la muraglia, o sopra un cartone, coi colori naturali; soggiunse che collocando all' apertura una piccola lente convessa, gli oggetti apparirebbero distinti, a segno di essere riconoscibili al primo colpo d' occhio. Da queste osservazioni verificate coll' esperienza, non v' era più che un passo da fare per giungere alla spiegazione del meccanismo della visione: Porta non lo fece tutto intero; egli rilevò soltanto che poteva riguardarsi il fondo dell' occhio come una camera oscura, senza dare alcuno sviluppo, alcun seguito a questa idea vera e felice.

Maurolico trattò la teoria generale dell' ottica in due opere, una intitolata: *Theoremata lucis et umbrae*; l'altra, *Diaphanorum partes seu libri tres*. Queste opere contengono

molte ricerche curiose sopra la misura ed il confronto degli effetti della luce, sopra i varj gradi di chiarezza che un oggetto opaco riceve dal corpo luminoso, secondo che ne è più o meno distante, ec. Se Maurolico non ha sempre incontrato la verità, ha dato almeno delle indicazioni che hanno diretto i suoi successori, ed hanno loro risparmiato dei falsi tentativi. Egli ha spiegato assai bene un fenomeno molto conosciuto, sul quale gli antichi, ed in particolare Aristotele, non avevano spacciato che de' sogni: cioè che i raggi del sole passando per un piccol foro di forma qualunque, per esempio di forma triangolare, vanno sempre a formare sopra un cartone parallelo al foro, ed un poco lontano, un cerchio luminoso. Maurolico osservò dapprima che quando il cartone è situato vicino all' apertura, quest' apertura deve dipingersi sotto una figura simile a sè stessa; ma che allontanando il cartone, la similitudine sparisce a poco a poco, e l'immagine finisce col divenire circolare. Di fatti, ciascun punto dell' apertura potendo considerarsi come il vertice comune di due coni opposti, uno de' quali ha per base il sole, e l'altro un cerchio luminoso gettato sul cartone, per l' incrocicchiamento de' raggi al vertice; vi è

un numero infinito di questi coni, poichè il numero de' punti dell' apertura è infinito. Ora i cerchi che formano sul cartone le basi dei coni della seconda specie, si coprono in parte gli uni gli altri, lasciando verso la circonferenza delle incavature, che vanno sempre diminuendo, a misura che il cartone si allontana dal foro; cosicchè finalmente esse diventano insensibili, ed il contorno dell' immagine sul cartone sembra formare una circonferenza continua. Tutto ciò è conforme all' esperienza. Si debbono ancora a Maurolico alcune riflessioni giuste, sebbene poco profonde, sopra la teoria dell' arco celeste, e sopra quella della visione.

De Dominis, nato nel 1561, *e morto nel* 1625.

Quegli che in quel tempo s' accostò di più alla vera spiegazione dell' arco celeste, è Antonio de Dominis, arcivescovo di Spalatro. Ognuno sa che questo fenomeno si manifesta soltanto allorchè piove, mentre il sole brilla, e che inoltre lo spettatore trovasi in una data posizione riguardo al sole ed alla pioggia. Le gocce di pioggia erano state paragonate a piccole sfere di vetro, e si era creduto che queste sfere rimandassero colla riflessione i raggi solari verso l' occhio dello

spettatore; ma ciò non ispiegava i colori dell' arco celeste, poichè i raggi di luce non si separano gli uni dagli altri che colla rifrazione. Antonio de Dominis fece uso nell' istesso tempo della riflessione e rifrazione, e giunse a rendere ragione con sufficiente esattezza della parte superiore dell' arco celeste; ma fu meno fortunato rapporto alla parte inferiore. Egli espone le sue idee su questo proposito in un' opera intitolata: *De Radiis visus et lucis*, pubblicata nel 1611. Leggendo quest' opera, si riconosce che l' autore aveva il vero talento per le scienze, e ci duole che egli non ne abbia fatto l' unico suo studio. Alcune opinioni teologiche un po' troppo ardite, ch' egli ebbe l' imprudenza di mettere alla luce, gli suscitarono una persecuzione dalla quale non potè sottrarsi che rifugiandosi in Inghilterra, nell' anno 1616. Senza adottare interamente i principj della riforma, egli si rese utilissimo e gratissimo a Giacomo I.°, re d' Inghilterra, combattendo molte pretensioni de' papi. A lui è dovuta la prima edizione della storia del concilio di Trento di fra Paolo, che fece stampare a Londra nel 1617. Subito dopo, pubblicò la sua grand' opera *della Repubblica ecclesiastica*: nuovo pretesto per gli Oltramontani onde ca-

lunniarlo con furore, ed avvertimento per lui di stare in guardia. Nondimeno, i rimorsi della sua coscienza, secondo alcuni storici, e gli alterchi d'interesse ch'egli ebbe co' protestanti, secondo altri, gli fecero venire l'idea di abbandonare l'Inghilterra, e di ritornare in Italia, dove il papa Gregorio XV, che stimava i suoi talenti, gli promise che troverebbe la sua sicurezza ed anche ogni genere di soddisfazione. Con questa intenzione cominciò ad abiurare pubblicamente, in una chiesa di Londra, le sue opinioni che avevano offeso la corte di Roma; in seguito si restituì in Italia. Rimase tranquillo in Roma per circa due anni. Sventuratamente somministrò ancora alla rabbia de' suoi nemici, che vegliavano sopra di lui, un'occasione di perderlo. Egli fu rinchiuso, per ordine del papa Urbano VIII, nelle prigioni del castello s. Angelo, ove morì di veleno a capo di alcuni giorni, secondo la comune opinione. L'Inquisizione fece disotterare ed abbruciare il cadavere co' suoi scritti.

Anno 1623

Anno 1625

Giustissimo era il confronto che Porta aveva fatto dell'occhio colla camera oscura, e seguendo queste tracce Keplero spiegò in un modo preciso la natura della visione. Possiamo dapprima farcene un'idea generale ri-

guardando la pupilla dell' occhio, come il foro della camera oscura, il cristallino come la lente convessa applicata a questo foro, e la retina come il cartone sul quale vengono a dipingersi gli oggetti; ma quando si passa al dettaglio de' mezzi pei quali si opera questo meccanismo, vi sono più elementi da combinare. I raggi emanati dal corpo luminoso cadono da principio sopra la cornea, ne penetrano l'umore acqueo dove soffrono una rifrazione che comincia a farli convergere, quindi entrano per l'apertura della pupilla, e vanno a traversare il cristallino, la cui forma lenticolare aumenta la loro convergenza; dal cristallino passano nell' umor vitreo, e soffrono nuova rifrazione e nuova convergenza. Finalmente, dopo tutte queste rifrazioni, si raccolgono nel medesimo punto della retina dove percuotono il nervo ottico, e quindi eccitano la sensazione della visione. Keplero distinse e fece conoscere il sentiero de' raggi. Una difficoltà lo imbarazzò per molto tempo: consisteva questa nel sapere perchè gli oggetti dipingendosi nel fondo dell' occhio in una situazione rovesciata, appariscano nondimeno nella loro posizione naturale. Egli ne trovò delle ragioni plausibili. La spiegazione più naturale che se ne possa

dare, si è che l'impressione prodotta dal raggio emanato da un punto dell'oggetto deve essere riferita direttamente nella parte opposta, e che per conseguenza si debbono vedere in alto le parti superiori, ed abbasso le parti inferiori. Accade del raggio come d'un bastone che, essendo spinto secondo la sua lunghezza, è ripercosso dalla parte contraria.

Cartesio spiega nelle sue Meteore e nella sua Diottrica l'arco celeste, e la natura della visione, secondo i principj di Antonio de Dominis e di Keplero, senza citarli nè l'uno nè l'altro: ommissione tanto più condannabile, in quanto che egli era altronde bastantemente ricco del proprio fondo. Egli è stato scusato verso Antonio de Dominis, perchè ha rettificato la sua spiegazione in quanto alla parte inferiore dell'arco celeste. Ciò può diminuire, ma non mai cancellare interamente la sua ingiustizia. Anno 1637

Leggi della rifrazione della luce.

La cognizione delle leggi della rifrazione della luce è posteriore di alcuni anni al libro di Antonio de Dominis. Secondo Huguens, essa è dovuta a Snellio. Immergendo obliquamente nell'acqua una parte d'un bastone

diritto, si vedeva che il bastone sembrava spezzarsi alla superficie dell' acqua, e che la parte immersa pareva accostarsi alla linea verticale condotta dal punto d' ingresso. Da ciò Snellio concluse dapprima in generale che un raggio di luce passando da un mezzo in un altro più denso, doveva accostarsi alla perpendicolare alla superficie di separazione; ed al contrario, passando dal mezzo denso nel mezzo raro, doveva scostarsi da questa perpendicolare. L' esperienza confermò queste riflessioni. Ma il punto capitale della questione era di scoprire la reciproca dipendenza degli angoli che il raggio incidente ed il raggio fratto formano colla verticale. Snellio vi pervenne con una serie numerosa di esperienze delicate. Egli trovò che prolungando dall' una e l' altra parte del punto d' ingresso il raggio incidente ed il raggio fratto, e conducendo una linea verticale qualunque, le parti de' due raggi, comprese tra il punto d' ingresso e questa linea verticale, conservano sempre tra loro un rapporto costante, per ogni sorta di obliquità. Solamente questo rapporto non è il medesimo per due altri mezzi; esso seguita in generale la ragione reciproca delle densità de' due mezzi. Snellio non s' avvide che la sua proposizione si ri-

duceva a dire in altri termini, che quando un raggio di luce passa da un mezzo in un altro, i seni degli angoli che forma ne' due mezzi colla linea verticale, rimangono sempre tra loro in un rapporto costante. Tale è la legge fondamentale della rifrazione della luce. L'opera di Snellio, che la conteneva, non fu stampata. Nel 1637 Cartesio la pubblicò nella sua diottrica, sotto il secondo enunziato, senza citare Snellio; ed alcuni geometri francesi lo credettero l'inventore. Ma Huguens (1) assicura che Cartesio aveva veduto in Olanda i manoscritti di Snellio. Se ciò è vero, ecco un' altra azione che non fa onore alla memoria del filosofo francese.

Le leggi della rifrazione della luce non sono le stesse che quelle de' corpi solidi.

Allorchè dopo aver trovate le leggi della rifrazione della luce, si volle spiegarle, nacque un grande imbarazzo, giacchè esse sono totalmente contrarie a quelle de' corpi solidi. Per esempio, una palla di fucile, o in generale un corpo solido qualunque, andando a

(1) *Tom. IV, pag.* 2.

colpire obliquamente la superficie d'un'acqua ferma, vi s'immerge con allontanarsi dalla linea verticale, mentre per lo contrario, in pari circostanza, il raggio di luce si avvicina. Ora il primo effetto è naturalissimo e facile a comprendersi; perciocchè la palla, passando dall'aria nell'acqua che ha più densità, deve soffrire più resistenza, e deve quindi essere respinta un poco verso la superficie dell'acqua, o allontanarsi dalla linea verticale condotta dal punto d'ingresso. Ma perchè lo stesso non accade del raggio di luce?

Per rendere ragione di questa differenza, Cartesio pose innanzi questo strano paradosso, che un raggio di luce trova meno difficoltà a traversare un mezzo denso, che un mezzo raro. Le correzioni e le annotazioni de' suoi successori tendono tutte nella sostanza al medesimo risultato.

Fermat impugnò la proposizione di Cartesio per mezzo di considerazioni che, senza essere assolutamente perentorie, la rendevano almeno molto dubbiosa: tentò di risolvere egli medesimo la quistione per un'altra via. Gli antichi avevano supposto che un raggio di luce, mosso sempre nel medesimo luogo, essendo obbligato di percuotere un piano liscio ed insuperabile, per andare da un dato

punto ad un altro dato, si rifletteva sotto un angolo eguale a quello d' incidenza; il che rendeva il cammino totale un *minimum*. Fermat pensò che per la rifrazione, il raggio passando da un mezzo in un altro, doveva fare il cammino totale in un *minimum* di tempo; e quindi trovò che effettivamente da un mezzo raro ad un mezzo denso, il raggio doveva accostarsi alla perpendicolare: e reciprocamente. Ma i fisici, poco contenti di questo giro che riguardavano come un semplice giuoco di geometria, domandavano perchè Fermat facesse dipendere la riflessione e la rifrazione della luce da principj sì differenti?

Questa uniformità di spiegazioni che si desiderava, fu l'oggetto d'un scritto ingegnosissimo che Leibnizio pubblicò negli atti di Lipsia, sotto questo titolo: *Unicum opticae, catoptricae et dioptricae principium*. La supposizione sopra la quale è appoggiato questo principio unico, si è che un raggio di luce andando da un dato punto ad un altro dato, o direttamente, o per riflessione, o per rifrazione, deve in tutti i casi seguire il cammino più facile: Rimane da determinarsi la facilità del cammino ne' tre casi proposti. Anno 1682

Allorchè il moto è diretto, o si fa nel medesimo mezzo, egli è evidente che il cam-

mino più facile è il più breve, ossia la semplice linea retta condotta da un punto all' altro. Nel moto riflesso, il cammino più facile è ancora il più breve, ossia la somma delle due linee condotte dal punto di riflessione ai due punti dati: laonde risulta che l' angolo di riflessione deve esser uguale all' angolo di incidenza. Finalmente, nel moto rifratto, dove le due parti del cammino non sono uniformi, la facilità di ciascuna parte è tanto più grande, quanto è più piccolo il prodotto dello spazio percorso, moltiplicato per la resistenza del mezzo; e per conseguenza la facilità del cammino totale è come la somma de' prodotti delle resistenze de' due mezzi pei cammini percorsi. Laonde, uguagliando questa somma ad un *minimum*, si trova che i seni di riflessione e di rifrazione sono in un rapporto costante, che è il rapporto inverso delle resistenze de' due mezzi. Ben si scorge che questo terzo caso rinchiude i due altri, supponendo perciò che la densità de' due mezzi diventino eguali. Tutta questa teoria è sicuramente molto interessante e molto preferibile a quella di Cartesio e di Fermat. Nondimeno siccome essa è fondata, come quella di Fermat, sopra la metafisica delle cause finali, fa d' uopo confessare che una

soluzione diretta è migliore. Il sistema dell' attrazione, o piuttosto la legge della gravitazione universale, dimostrata da tutti i fenomeni, dà questa soluzione nel modo più preciso, più soddisfacente, ed assolutamente al coperto da qualunque difficoltà.

Diffrazione della luce.

I movimenti di riflessione e rifrazione non sono i soli ai quali la luce sia soggetta: essa ne soffre ancora un altro, quello di *diffrazione, o inflessione*, per cui un raggio che passa assai vicino ad un corpo opaco cangia di direzione. Di fatti se voi introducete un raggio di luce per un piccol foro, in una camera oscura, vedrete che esponendo alla luce, qualche corpo sottile, come un capello, una spilla, una paglia, ec., le ombre di tutti questi corpi sono notabilmente più larghe che non dovrebbero essere, se i raggi che passano per le loro estremità seguitassero le loro prime direzioni rettilinee: vedrete inoltre che queste ombre sono orlate da tre fasce o frange di luce parallele tra loro, e che ingrandendo il foro, le frange si dilatano e si frammischiano insieme, di modo che non si saprebbero distinguere. Grimaldi, di cui ab-

biamo già parlato, è il primo che abbia rilevato questo fenomeno, come pure la direzione del fascetto de' raggi solari col prisma, come si può vedere nella sua opera intitolata: *Physicomathesis de lumine*, ec. Molto tempo dopo, Newton trattò questa materia a fondo, nella sua Ottica, e la liberò da alcune cattive spiegazioni fisiche che Grimaldi vi aveva introdotte.

Anno 1665

Kircher, nato nel 1602, *e morto nel* 1680.

Tra questi primi ottici, si deve citare con lode il padre Kircher gesuita, uomo di un estesissimo sapere in varj generi: a lui si attribuisce in particolare l' invenzione della lanterna magica.

Gregori nato ...., e morto nel 1675.

Giacomo Gregori contribuì al progresso dell' Ottica colla sua opera: *Optica promota*, che contiene diverse proposizioni curiose sopra la teoria dell' Ottica, e delle riflessioni per perfezionare la costruzione degli strumenti che dipendono da questa scienza. Egli è principalmente conosciuto come ottico, per il suo *telescopio a riflessione*; altronde egli era buon geometra.

Le *lezioni* d' *Ottica* di Barow, che comparvero nel 1674, sono notabili per una moltitudine di belle proposizioni, presentate e dimostrate nell' ordine il più semplice e più metodico. Questo vantaggio caratterizza soprattutto la determinazione de' fuochi di diverse specie di vetri diottrici, che l' autore ha ridotta a formole generali elegantissime.

Newton aveva gettato i fondamenti della sua Ottica in alcuni scritti stampati tra quelli delle *Transazioni filosofiche* della società reale di Londra, negli anni 1671, 1672, ec. Una delle sue principali scoperte che fece in quel tempo, si è la diversa refrangibilità de' raggi della luce. Ritorneremo a lui come ottico, quando saremo all' anno 1706, in cui pubblicò il suo trattato completo d' Ottica.

Nel 1678, Huguens comunicò all' accademia delle scienze di Parigi, di cui era membro, un *Trattato della luce* stampato soltanto nel 1690. Egli si è proposto, per oggetto principale, la spiegazione fisica e matematica delle leggi del moto della luce, o in linea retta, o per riflessione, o per rifrazione. Tra le altre belle ricerche che quest' opera contiene, l' autore dimostra che un globetto di luce che traversa un mezzo composto di strati di densità differenti, deve de-

scrivere una curva, di cui insegna a determinare la proprietà fondamentale, in ciascuna ipotesi. Per esempio, allorchè il mezzo è composto di strati orizzontali, e che la velocità del globetto aumenta o diminuisce nella medesima ragione che diminuisce o aumenta la densità degli strati, si trova che la curva deve essere un arco di cicloide (1).

Corone, parelj, paraselene.

Si sa che le corone sono anelli circolari di luce, che si vedono qualche volta durante il giorno intorno al sole, e durante la notte intorno alla luna; che i parelj sono falsi soli, o soli apparenti intorno al vero, e che medesimamente le paraselene sono false lune. Questi fenomeni sono stati veduti in tutti i tempi; ma sono solamente circa ottant' anni che si è cominciato ad osservarli con esattezza: poichè Aristotele e Cardano che viveva diciotto secoli prima, asseriscono che non veggonsi mai più di due parelj insieme, mentre realmente, ponendovi la necessaria

(1) *V. Jo. Bern. Op. t.* I., *pag.* 190.

attenzione, se ne rileva sovente un numero maggiore. Per esempio, si videro cinque soli in Roma il 29 marzo 1629; sette in Danzica il 20 febbraio 1661; ec. Ora, è egli possibile, dice Huguens, che sieno comparsi, in un sì piccol numero d'anni, sei o sette parelj, composti ciascuno di più di due soli, e che il medesimo fenomeno non sia mai comparso ne' tempi anteriori? Certamente, non si riguardavano altre volte come veri parelj, che i due parelj laterali che sono effettivamente i più considerabili, e non si faceva attenzione agli altri come più deboli e più languidi. Cartesio intraprese a spiegare tutte queste apparenze; ma la sua spiegazione era un poco vaga ed anche falsa a certi riguardi. Huguens la rettificò, e con un' esatta applicazione de' principj della catottrica e dioptrica meglio conosciuti, rese perfettamente ragione di tutte le circostanze de' parelj. La teoria è la medesima per le paraselene.

Invenzione del telescopio e microscopio.

Ho parlato in generale dell' utilità del telescopio nell' astronomia: questo è il luogo di farlo conoscere un po' meglio, e di dire altresì qualche cosa del microscopio, altro

strumento della medesima specie, che ha reso de' servigj alla fisica ed alla storia naturale non meno che il primo all' astronomia.

La comune opinione si è che la prima invenzione del telescopio sia dovuta a Giacomo Mezio, e si mette al principio del secolo decimosettimo. Tale è in particolare il sentimento di Cartesio, che scriveva in Olanda circa trent' anni dopo questa scoperta. Ecco come si esprime su questo proposito nel principio della sua diottrica: benchè questo passo sia un poco lungo, credo che si vedrà qui con piacere. « Tutta la condotta della nostra « vita dipende da' nostri sensi, tra i quali « quello della vista essendo il più universale « e più nobile, non è da dubitare che le « invenzioni che servono ad aumentare la sua « potenza, non sieno delle più utili che pos- « san essere. Ed è cosa malagevole di tro- « varne alcuna che la aumenti di più che l'in- « venzione di que' maravigliosi cannocchiali, « che non essendo in uso che da poco tem- « po, ci hanno già scoperti nuovi astri nel « cielo, ed altri nuovi oggetti sopra la terra, « in maggior numero che non sono quelli « che avevamo veduti per lo innanzi; di mo- « do che portando la nostra vista più lonta- « no che non era solita d'andare l'immagi-

« nazione de' nostri padri, essi sembrano « averci aperta la strada per arrivare ad una « cognizione della natura, molto più grande « e perfetta ch' essi non hanno avuta. Ma a « vergogna delle nostre scienze, quest' inven- « zione sì utile e sì maravigliosa non è stata « primieramente trovata che per l' esperienza, « ed a caso. Sono circa trent' anni che un « uomo, Giacomo Mezio, della città d' Alc- « mar in Olanda, uomo che non aveva mai « studiato, sebbene avesse un padre ed un « fratello che hanno fatto professione delle « matematiche, ma che prendeva particolar- « mente piacere a fare degli specchi e delle « lenti ustorie, componendo anche d'inverno « con ghiaccio, come ha mostrato l' esperienza « potersi fare avendo in questa occasione dei « vetri di diverse forme, si avvisò per buona « sorte di riguardare a traverso di due, uno « de' quali era un po' più grosso nel mezzo « che alle estremità, e l' altro al contrario « era più grosso nelle estremità che nel mez- « zo, e gli applicò così felicemente ai due « capi d' un tubo, che in tal modo fu com- « posto il primo cannocchiale di cui parlia- « mo; e soltanto sopra questo modello sono « stati fatti tutti gli altri che si sono ve- « duti, ec. »

Altri raccontano che i figli d' un occhialaio di Midelburgo in Zelanda, di cui s'ignora il nome, giuocando nella bottega del padre, rilevarono che quando mettevano uno avanti l'altro due vetri d'occhiali, e che guardavano a traverso la bandernola d'un campanile vicino, lo vedevano più grosso del solito; che il padre colpito di questa singolarità, si avvisò di accomodare due vetri sopra una tavola, con fissarli da principio per mezzo di due cerchi d'ottone, che si potevano avvicinare o allontanare ad arbitrio; e che con questo soccorso si vedeva meglio e più lontano: che in seguito si venne gradatamente a collocare i vetri in un tubo, ed a formare il telescopio, ec. Altre opinioni vi sono ancora sopra l'origine del telescopio: io non istarò qui a riferirle, ma mi contenterò d' osservare che la testimonianza d' un uomo come Cartesio, a favore di Giacomo Mezio, deve essere del maggior peso. La pretensione degli Italiani che hanno cercato di attribuire la prima invenzione del telescopio a Galileo, non è sostenibile: perciocchè Galileo racconta egli medesimo che essendo in Venezia quando si diffuse il primo romore di questa scoperta, egli aspettava lettere da Parigi, per assicurarsi della maraviglia

che la fama ne spacciava, e che dopo averne ricevuta la conferma, cercò colle leggi della rifrazione, la composizione di questo istrumento, e la trovò. Essendo al possesso del principio, giunse per gradi a formare un telescopio che ingrandiva gli oggetti circa trenta volte in diametro, e col quale scoprì i satelliti di Giove, le macchie del sole, ec. Egli adunque ha unicamente indovinato il meccanismo del telescopio, sopra la descrizione che gli fu mandata de' suoi effetti: questa parte alla scoperta è abbastanza brillante, per non dover cercare di esagerarla.

Cannocchiale d' Olanda.

Il cannocchiale di Galileo, altrimenti chiamato *cannocchiale d' Olanda*, è composto d' un obbiettivo convesso, e d' un oculare concavo, o piano concavo situato tra l' obbiettivo ed il suo fuoco; di modo che gli assi de' due vetri cadano sopra la medesima linea, ed i loro fuochi concorrano al medesimo punto. I raggi che l' obbiettivo tende a raccogliere, diventano paralleli nell' uscire dall' oculare, e formano nel fuoco comune un' immagine sensibile, che rappresenta l' oggetto nella sua posizione naturale. Il campo di

questa specie di telescopj è molto piccolo, e tanto più piccolo, quanto è più lungo il tubo: inconveniente che ne ha fatto abolire l'uso nell' astronomia, dove si ha bisogno di tubi lunghi, che abbiano nondimeno un certo campo. Non si adoperano più che per le piccole distanze.

Cannocchiale astronomico.

Alcuni anni dopo l'invenzione di questo telescopio, Keplero ne propose un altro che fu insensibilmente adottato da tutti gli astronomi, e che chiamasi *cannocchiale astronomico*. Questo cannocchiale ha un obbiettivo convesso, e per oculare una lente convessa da una o dalle due parti, situata per modo che il suo fuoco concorra con quello dell' obbiettivo, e che questo fuoco comune cada tra i due vetri: esso fa vedere gli oggetti in una situazione rovesciata; ma ha il vantaggio di procurare un campo esteso e de' tubi lunghi.

Telescopio terrestre, o cannocchiale ordinario.

Vi è una terza specie di telescopio, di cui ordinariamente si fa uso per osservare gli oggetti terrestri: esso non è altra cosa che il

precedente, al quale si sono aggiunti due altri vetri per raddrizzare gli oggetti.

Telescopj catadiottrici.

Tutti questi telescopj sono puramente diottrici, perchè in essi non si fa uso che della semplice rifrazione della luce. Ve ne sono altri più composti, ne' quali si combinano nel medesimo tempo la riflessione e la rifrazione della luce, e che per questa ragione si chiamano telescopj *catadiottrici*. Tali sono il telescopio *gregoriano*, ed il telescopio *newtoniano*, de' quali può vedersi la descrizione dettagliata ne' libri d' Ottica.

Invenzione del microscopio.

Il microscopio è uno strumento fondato sopra i medesimi principj dei telescopj. Si ignora il tempo preciso della sua invenzione, ed il nome dell' inventore. Si crede ordinariamente che Cornelio Drebbel ne sia l' autore, e che i primi microscopj sieno comparsi verso l' anno 1618 o 1620. Lunghe discussioni sono state fatte sopra questo argomento, su le quali non credo di dovermi fermare. Alcuni scrittori hanno molto depres-

so Drebbel: la verità si è ch' egli aveva ricevuto un' eccellente educazione in Alcmar sua patria, e che era versatissimo in tutte le cognizioni fisiche del suo tempo.

Vi sono molte specie di microscopj. La più semplice di tutte è una lente convessa da una o dalle due parti, e che chiamasi in generale una *lente*. Situandola per modo che il suo fuoco cada sul punto che si vuol considerare, i raggi che escono paralleli alla lente, formano un' immagine viva dell' oggetto. Qualche volta in vece d' una lente si adopera una piccola sfera di vetro, che si forma facilmente facendo fondere un piccol pezzo di vetro alla fiamma d' una miccia imbevuta di spirito di vino, per evitare il fumo che mescolandosi col vetro in fusione rende i globetti opachi. Si può ancora fare un microscopio semplice con un globo di vetro pieno d' acqua. La seconda specie di microscopio è molto simile al telescopio astronomico. Essa è composta di due lenti convesse; quella che forma l' obbiettivo è d' un fuoco molto corto; si colloca l' oggetto un poco al di là di questo fuoco, affine di allontanare la sua immagine, e d' ingrandirla a proporzione; in seguito si pone il fuoco d' un oculare nel luogo dov' è quest' immagine,

onde vederla distintamente. Qualche volta in questa medesima specie di microscopio, si mette un oculare presso a poco nel mezzo tra l' obbiettivo e l' immagine, affinchè questa immagine si formi molto più vicina all' obbiettivo, e quindi il tubo del microscopio diventi più corto: s' ingrandisce ancora con questo mezzo il campo del microscopio. Finalmente si costruiscono pure de' microscopj catadiottrici. Si veggano sopra tutta questa materia le lezioni d' Ottica di Lacaille, l' Ottica di Smith, la Diottrica d' Eulero, ec.

Prospettiva aerea.

Prima di lasciare l'ottica, ci rimane ancora da parlare un poco della prospettiva, che ad essa si riferisce, almeno in parte. Non si può dubitare, come ho già rilevato, che gli antichi non abbiano conosciuto la prospettiva lineare, ed anche la prospettiva aerea. Ma sembra che non siasi cominciato a ridurre in corpo di dottrina i precetti della prospettiva e il complesso delle sue parti, che nel secolo decimosesto. Si cita un grandissimo numero di autori che hanno pubblicato delle opere sopra questo argomento. Tali sono tra gli altri in Italia *Luca da Bor-*

go, *Giovanni-Battista Alberti*; in Germania, *Alberto Durero*; in Francia, *Giovanni Cousin*, ec. La maggior parte delle loro opere sono mediocri.

Ubaldi, nato nel 1553, *e morto nel* 1617.

Tra questa moltitudine si deve distinguere Guido Ubaldi, che diede nel 1600 un buonissimo trattato di prospettiva, conforme ai principj generali e certi della geometria e dell' ottica.

Fine del terzo periodo e del secondo tomo.

INDICE

DE' CAPITOLI

CONTENUTI IN QUESTO SECONDO TOMO.

SECONDO PERIODO.

Stato delle matematiche dal loro rinovellamento presso gli Arabi sino verso la fine del secolo XV. . pagina 5

CAPITOLI

I. *Aritmetica ed algebra degli Arabi* . 8
II. *Geometria degli Arabi* 10
III. *Astronomia degli Arabi* 12
IV. *Scienze presso i Persiani* 27
V. *Dell' astronomia persiana in particolare* 29
VI. *Scienze presso i Turchi* 34
VII. *Scienze presso i Chinesi e gl'Indiani.* 35
VIII. *Scienze presso i Greci moderni* . . 37
IX. *Scienze presso i Cristiani occidentali sino alla fine del secolo XV.* . 44
X. *Continuazione: scienze presso i Cristiani occidentali ne' secoli XIV e XV.* 51

TERZO PERIODO

Progresso delle matematiche dalla fine del secolo XV sino all' invenzione dell' analisi infinitesimale . pag. 70

CAPITOLI

I. *Progressi dell' analisi* 71
II. *Progressi della geometria* 94
III. *Progressi della meccanica* 121
IV. *Progressi dell' idrodinamica* 133
V. *Progressi dell' astronomia* 141
VI. *Progressi dell' ottica* 187

1-1.